

**PROGRAMMA NAZIONALE DI CONTROLLO
DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO**

redatto ai sensi del decreto legislativo 30 maggio 2018, n. 81

Marzo 2019

Sommario

Premessa	3
1. Il contesto internazionale e comunitario	4
2. Il quadro di riferimento nazionale	7
2.1 Priorità strategiche e loro relazione con le priorità stabilite in altri settori rilevanti	8
2.1.1 Qualità dell'aria	9
2.1.2 Clima	10
2.2 Coerenza dei dati utilizzati nella pianificazione dei settori rilevanti	11
2.3 Responsabilità	12
3. Progressi ottenuti nel miglioramento della qualità dell'aria all'applicazione delle attuali politiche	13
3.1 Trend emissivi	16
3.2 Trend delle concentrazioni	22
4. Metodologia applicata per la produzione degli scenari nazionali	32
4.1 Scenari energetici e dei livelli di attività	32
4.2 Scenari emissivi	34
4.3 Scenari di qualità dell'aria	41
4.3.1 La configurazione delle simulazioni	43
4.3.2 Input meteorologico	44
4.3.3 Input micrometeorologico	47
4.3.4 Input emissivo	47
4.3.5 Condizioni iniziali ed al contorno per la simulazione di FARM	51
5. Scenari energetici e dei livelli di attività	53
5.1 Settore civile	53
5.2 Settore trasporti	54
5.3 Industria manifatturiera ed energetica	56
6. Scenari emissivi	57
7. Scenari di qualità dell'aria	66
7.1 Mappe di concentrazione media annuale	67
7.2 Mappe di percentili di concentrazioni orarie e giornaliere	86
8. Misure selezionate per l'adozione	100
9. Burden sharing regionale per le emissioni di ammoniaca	107
9.1 Metodologia di calcolo degli obiettivi regionali	107
9.2 Burden sharing regionale	107
Bibliografia	109
ALLEGATO – Codice Agricoltura	
APPENDICE – Key source analysis	

Premessa

Il 31 dicembre 2016 è entrata in vigore la direttiva 2016/2284/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio in materia di riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici (la cosiddetta direttiva *NEC* – *National Emission Ceilings*).

La direttiva, al fine di contribuire al generale miglioramento della qualità dell'aria sul territorio dell'Unione Europea, prevede il conseguimento di obiettivi nazionali di riduzione delle emissioni di alcuni inquinanti (materiale particolato, ossidi di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili non metanici ed ammoniaca), al 2020 e al 2030. Tali riduzioni devono essere ottenute tramite l'adozione e l'attuazione di un "Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico" elaborato sulla base delle indicazioni contenute nella stessa direttiva e diffusamente illustrate nelle Linee guida allo scopo prodotte dalla Commissione Europea ("Guidance for the development of National Air Pollution Control Programmes under Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants", C/2019/888, pubblicata il 1° marzo 2019). Le informazioni contenute nel programma dovranno poi essere trasmesse alla Commissione europea secondo il formato stabilito dalla Decisione 2018/1522.

La direttiva è stata recepita nell'ordinamento nazionale dal decreto legislativo del 30 maggio 2018 n. 81, che introduce le disposizioni relative al programma nazionale all'articolo 7, delineando anche le competenze interne dei soggetti coinvolti nella sua elaborazione. In particolare, definisce obblighi e scadenze relativamente alle varie fasi della predisposizione ed approvazione del programma, incluse le attività di istruttoria tecnica preliminare per le quali il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (di seguito Ministero dell'ambiente) si avvale del supporto tecnico dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e dell'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA).

Il presente programma contiene gli elementi di minimo previsti dalla normativa e nello specifico:

- il capitolo 1 e il capitolo 2 forniscono un quadro generale del contesto internazionale, comunitario e nazionale in cui si inserisce la programmazione ai sensi della NEC e individuano le responsabilità per la predisposizione e l'attuazione del programma;
- il capitolo 3 riassume l'analisi delle politiche finora adottate e dei risultati ottenuti in termini di riduzione delle emissioni inquinanti e di miglioramento generale della qualità dell'aria;
- il capitolo 4 descrive la metodologia applicata per la elaborazione degli scenari che sono alla base del processo di individuazione delle misure di riduzione;
- i capitoli 5, 6 e 7 descrivono, rispettivamente, i risultati degli scenari prodotti ossia quelli energetici e dei livelli di attività, quelli emissivi e quelli di qualità dell'aria, sia nella ipotesi dell'evoluzione tendenziale delle condizioni al contorno sia nell'ipotesi di adozione di misure aggiuntive;

- il capitolo 8, infine, descrive le misure di riduzione delle emissioni individuate per il raggiungimento degli obiettivi della NEC.

1. Il contesto internazionale e comunitario

La Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza (*Long Range Transboundary Air Pollution – LRTAP*) è stato il primo accordo internazionale, firmato nel 1979 in ambito UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe*), finalizzato alla riduzione delle emissioni degli inquinanti atmosferici pericolosi per la salute umana e gli ecosistemi. Il testo della Convenzione è integrato da otto Protocolli che contengono disposizioni specifiche su alcune classi di sostanze inquinanti.

Negli anni l'impegno assunto, su base volontaria, dai Paesi firmatari ha contribuito a ridurre in modo consistente le emissioni degli inquinanti atmosferici oggetto dei Protocolli; in particolare, a partire dal 1990, si è registrata una diminuzione davvero significativa (tra il 40 e l'80%) delle emissioni di ossidi di zolfo, ossidi di azoto e alcuni metalli pesanti. La Convenzione ha favorito lo scambio delle conoscenze scientifiche e delle buone pratiche tra i Paesi e ha contribuito a dare un impulso alle legislazioni nazionali di settore che in alcuni casi, come nei Paesi dell'Unione Europea, hanno introdotto come vincolanti gli impegni volontari assunti con la ratifica dei Protocolli LRTAP.

Il Protocollo di Gothenburg è uno degli otto protocolli che afferiscono alla Convenzione LRTAP ed è relativo all'abbattimento dei processi di acidificazione ed eutrofizzazione e dell'ozono a livello del suolo, risale al 1999 ed è stato successivamente aggiornato nel 2012.

Il Protocollo prevede l'impegno di adottare tutte le misure disponibili al fine di ridurre le emissioni in atmosfera di alcuni inquinanti e le sue prescrizioni sono divenute cogenti per i Paesi dell'Unione Europea, che lo ha ratificato nella sua versione originaria il 23 giugno 2003 e nella sua versione emendata il 30 agosto 2017.

In particolare, diretta emanazione della versione originaria del Protocollo di Gothenburg è stata la direttiva 2001/81/CE, la prima direttiva NEC, che ha introdotto valori emissivi massimi, i cosiddetti "tetti", da non superare entro il 2010. A seguito dell'attuazione delle politiche di riduzione delle emissioni messe in campo dall'Unione Europea, incluse quelle previste dalla direttiva NEC, tra il 1990 e il 2010 le emissioni di biossido di zolfo sono diminuite dell'82%, le emissioni di ossidi di azoto del 47%, le emissioni dei composti organici volatili non metanici del 56% e le emissioni di ammoniaca del 28%.

Nonostante questa significativa riduzione dei livelli emissivi, le concentrazioni degli inquinanti atmosferici sono ancora piuttosto elevate e in molto Paesi dell'Unione ancora non sono rispettati gli standard di qualità stabiliti dalla normativa di settore.

A partire dagli anni '90, con la direttiva quadro sulla qualità dell'aria ambiente (direttiva 1996/62/CE) la legislazione comunitaria si pone come obiettivo una progressiva riduzione delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici per tutelare l'ambiente e la salute dei cittadini dai possibili danni prodotti da alcune sostanze. Tale finalità è perseguita tramite la

fissazione di valori limite di concentrazione, che devono essere rispettati da tutti gli Stati membri entro specifiche date; il rispetto deve essere assicurato tramite la pianificazione e l'adozione di misure ed interventi di risanamento. Anche l'attuale normativa di settore (direttiva 2008/50/CE e direttiva 2004/107/CE) conferma tali principi ribadendo che ogni strumento deve essere utilizzato al fine di tutelare la salute dei cittadini europei.

Recenti studi, infatti, hanno evidenziato come l'inquinamento atmosferico sia una delle principali cause di mortalità prematura; in particolare, dal report 2018 "Air quality in Europe" prodotto dall'Agenzia Europea per l'Ambiente risulta che il numero di morti premature in Europa, attribuibili alle concentrazioni di materiale particolato PM_{2,5} registrate nel 2015, corrisponda a 422.000 mentre quelle correlate alle concentrazioni di biossido di azoto (NO₂) e di ozono (O₃), rispettivamente, a 79.000 e 17.700.

Appare chiaro, quindi, come sia di grande importanza ed urgenza applicare tutti gli strumenti a disposizione per favorire un generale miglioramento della qualità dell'aria sul territorio dell'Unione.

In tale contesto, la Commissione europea ha previsto un intervento di ampio respiro ai fini di un ulteriore consolidamento della politica dell'Unione in materia di qualità dell'aria. Alla fine del 2013 è stata pertanto pubblicata la nuova strategia tematica, il cosiddetto pacchetto "Aria pulita", che stabilisce obiettivi per ridurre gli impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute e sull'ambiente entro il 2030 e contiene proposte legislative volte ad attuare norme più severe in materia di emissioni e di inquinamento atmosferico.

Il pacchetto è stato pubblicato dalla Commissione il 18 dicembre 2013 ed è composto da una comunicazione sul programma "Aria pulita per l'Europa", ossia una strategia della Commissione che delinea le misure volte a garantire il raggiungimento degli obiettivi esistenti e che stabilisce nuovi obiettivi in materia di qualità dell'aria per il periodo fino al 2030, e da tre proposte legislative in materia di emissioni e inquinamento atmosferico:

- la ratifica della versione aggiornata del protocollo di Gothenburg;
- la revisione della direttiva sui limiti di emissione nazionali, sfociata poi nell'adozione della direttiva 2016/2284/UE;
- una proposta di direttiva volta a ridurre l'inquinamento originato da impianti di combustione medi, divenuta quindi la direttiva 2015/2193.

La direttiva 2016/2284/UE introduce nuovi target di riduzione delle emissioni degli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), ammoniaca (NH₃), composti organici volatili non metanici (COVNM) e materiale particolato PM_{2,5}. A ciascuno Stato è assegnato un obiettivo di riduzione percentuale delle emissioni di ciascun inquinante al 2020 e al 2030, in riferimento alle emissioni dell'anno base, ossia il 2005.

I target del 2020 sono mutuati integralmente dal protocollo di Gothenburg aggiornato nel 2012 mentre quelli del 2030 sono il risultato del negoziato comunitario e corrispondono al conseguimento della riduzione di circa il 50% di morti premature al 2030 rispetto all'anno base 2005 (COM, 2018).

Dalla Convenzione internazionale LRTAP sono mediate anche altre disposizioni tra cui gli obblighi di *reporting* dei dati emissivi nazionali, delle emissioni disaggregate su griglia, delle emissioni provenienti dai grandi impianti di combustione e delle proiezioni delle emissioni.

La riduzione delle emissioni, necessaria a raggiungere gli obiettivi, deve essere perseguita tramite la predisposizione, l'adozione e l'attuazione di specifici "programmi di controllo" nazionali. In base a quanto prescritto dalla direttiva (Allegato III, Parte 1), i programmi devono contenere almeno informazioni circa:

- il quadro strategico nazionale in materia di qualità dell'aria e di lotta contro l'inquinamento;
- le opzioni strategiche considerate per rispettare gli impegni di riduzione delle emissioni e per contribuire a migliorare la qualità dell'aria, l'analisi delle opzioni, il metodo di analisi utilizzato e, ove possibile, l'impatto individuale o complessivo delle politiche e delle misure sulle riduzioni delle emissioni, la qualità dell'aria e l'ambiente e le relative incertezze;
- le misure e le politiche prescelte, il calendario per l'adozione, l'attuazione e il riesame e le autorità competenti responsabili;
- una valutazione del modo in cui le politiche e le misure prescelte garantiscono la coerenza con i piani e i programmi istituiti in altri settori d'intervento pertinenti.

Il programma, in particolare, definisce le priorità politiche ed il loro rapporto con le priorità stabilite in altri settori d'intervento pertinenti e chiarisce le responsabilità attribuite alle diverse autorità coinvolte.

Fondamentale, in questo contesto, è promuovere sinergie tra i vari settori ed in particolare la coerenza tra le politiche sul clima e quelle sull'inquinamento atmosferico. Tale necessità è richiamata più volte nel testo della direttiva. In particolare, nel preambolo della direttiva, è citato il 7° Programma d'Azione europeo per l'Ambiente che raccomanda "il rafforzamento delle sinergie tra la legislazione nel settore della qualità dell'aria e gli obiettivi che l'Unione si è prefissa, in particolare, in materia di cambiamenti climatici e biodiversità"; è, inoltre, dichiarato che la direttiva "dovrebbe altresì contribuire al conseguimento, in modo economicamente vantaggioso, degli obiettivi di qualità dell'aria stabiliti dalla legislazione dell'Unione e all'attenuazione degli impatti dei cambiamenti climatici, oltre che al miglioramento della qualità dell'aria a livello mondiale e a migliori sinergie con le politiche dell'Unione in materia di clima e di energia, evitando nel contempo duplicazioni della vigente legislazione dell'Unione".

L'articolo 1 della direttiva stabilisce che uno degli obiettivi sia il "rafforzamento delle sinergie tra la politica dell'Unione in materia di qualità dell'aria e altre politiche pertinenti dell'Unione, in particolare le politiche in materia di clima e di energia".

Al fine di conseguire il citato obiettivo l'articolo 7 della direttiva prevede che la Commissione si adoperi "per facilitare l'accesso ai fondi dell'Unione esistenti" inclusi, tra gli altri, "gli strumenti di finanziamento per l'ambiente e l'azione per il clima, quale il programma LIFE".

Infine l'Allegato III, che stabilisce il contenuto minimo dei programmi di controllo, prevede che sia descritto il contesto in cui il programma è sviluppato, incluse "le priorità politiche e il loro rapporto con le priorità stabilite in altri settori d'intervento pertinenti, compresi i cambiamenti climatici e, se del caso, l'agricoltura, l'industria e i trasporti".

2. Il quadro di riferimento nazionale

La prima direttiva in materia di limiti nazionali delle emissioni, la direttiva 2001/81/CE era stata recepita in Italia dal decreto legislativo 21 maggio 2004, n. 171. Tale decreto prevedeva il rispetto, per il 2010 e per gli anni successivi, di limiti nazionali di emissione in relazione a ossidi di azoto, biossido di zolfo, composti organici volatili non metanici ed ammoniaca, da ottenere mediante l'attuazione di un programma nazionale di riduzione delle emissioni. Lo stesso decreto introduceva anche l'obbligo di elaborazione degli inventari e delle proiezioni nazionali delle emissioni, attività attribuita, sotto distinti profili, all'ISPRA e all'ENEA rispettivamente, individuati quali principali enti di supporto al Ministero dell'ambiente in materia.

La nuova direttiva NEC, la 2016/2284/UE, è stata recepita nell'ordinamento nazionale dal decreto legislativo 30 maggio 2018, n. 81 che abroga la normativa precedente e assume come finalità generale il miglioramento della qualità dell'aria e la salvaguardia della salute umana e dell'ambiente, mirando a fornire un contributo significativo al raggiungimento degli obiettivi del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

Il decreto legislativo prevede, in conformità alla direttiva 2016/2284, gli obiettivi di seguito elencati.

1) Ridurre le emissioni nazionali annue di origine antropica degli inquinanti biossido di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili non metanici, ammoniaca e materiale particolato PM_{2,5} per rispettare specifici obiettivi di riduzione entro il 2020 ed il 2030, assicurando il raggiungimento di livelli intermedi entro il 2025; la verifica del rispetto di tali impegni è effettuata tramite l'elaborazione e l'analisi di inventari e proiezioni nazionali delle emissioni da inviare con cadenza predefinita alla Commissione europea.

2) Attivare il monitoraggio delle emissioni di una serie di sostanze per cui non sono previsti obblighi di riduzione. Anche per la verifica di tale adempimento si prevede l'elaborazione di inventari e proiezioni nazionali delle emissioni da inviare con cadenza predefinita alla Commissione europea.

3) Ottenere, con un sistema di monitoraggio, dati relativi agli impatti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi. Per la verifica di tale adempimento si prevede la raccolta e l'invio alla Commissione europea, con cadenza predefinita, dei dati del monitoraggio.

La riduzione delle emissioni è perseguita tramite l'adozione di un programma di controllo e lo schema di decreto disciplina in modo puntuale tutti gli aspetti procedurali ed istituzionali legati all'elaborazione, all'adozione e all'attuazione del primo e dei successivi programmi

nazionali. Particolare rilievo è dato alla definizione di un quadro istituzionale atto ad assicurare un'azione coordinata ed omogenea di più autorità statali, regionali e locali che nasce dall'esigenza, espressamente prevista dalla direttiva, di garantire la coerenza tra il programma nazionale, le politiche in materia di clima e di energia e tutti gli strumenti che interessano i diversi settori fonti di emissioni.

Come più volte ribadito, il decreto mira a contribuire, per quanto possibile, al raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'aria e a perseguire un progressiva riduzione delle concentrazioni per favorire un allineamento, nel lungo termine, agli orientamenti pubblicati dall'Organizzazione mondiale della sanità. Tende, inoltre, a contribuire al raggiungimento degli obiettivi dell'Unione europea in materia di biodiversità e di ecosistemi e a promuovere la sinergia tra le politiche in materia di qualità dell'aria e quelle inerenti i settori responsabili di emissioni interessate dagli impegni nazionali di riduzione, comprese le politiche in materia di clima e di energia.

2.1 Priorità strategiche e loro relazione con le priorità stabilite in altri settori rilevanti

Come accennato, la direttiva NEC stabilisce obiettivi di riduzione delle emissioni nazionali per gli inquinanti biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), composti organici volatili non metanici (COVNM), ammoniaca (NH₃) e materiale particolato PM_{2,5} da raggiungere entro il 2020 e il 2030. Tali obiettivi sono individuati come percentuali di riduzione delle emissioni dei singoli inquinanti rispetto ai valori registrati nel 2005 e mirano a garantire una riduzione generalizzata dell'inquinamento atmosferico sul territorio dell'Unione Europea.

Gli obiettivi di riduzione delle emissioni sono riassunti nella tabella seguente.

Inquinante	Obiettivi 2020	Obiettivi 2030
SO ₂	35%	71%
NO _x	40%	65%
COVNM	35%	46%
NH ₃	5%	16%
PM _{2,5}	10%	40%

Tabella 1 – Obiettivi di riduzione assegnati all'Italia dalla direttiva NEC.

Come descritto nel capitolo 6, lo scenario tendenziale relativo al 2020 prevede il rispetto di tutti gli obiettivi di riduzione stabiliti dalla direttiva mentre sono necessarie misure di riduzione aggiuntive per assicurare il rispetto dei target stabiliti per il 2030 per tutti gli inquinanti, ad eccezione del biossido di zolfo. Gli obiettivi assegnati all'Italia appaiono particolarmente ambiziosi e in particolar modo quelli riferiti al PM_{2,5} e all'ammoniaca.

Per quanto riguarda il materiale particolato, il settore che principalmente contribuisce ai livelli emissivi è la combustione di biomassa legnosa nel settore residenziale; negli ultimi anni il minor costo di questo tipo di combustibile, il cui massiccio utilizzo ha peraltro contribuito al raggiungimento degli obiettivi in materia di rinnovabili ed emissioni di gas serra, ne ha

favorito la diffusione, causando un sensibile aumento delle emissioni di polveri in atmosfera dal settore residenziale. Questo ha impedito alle emissioni totali di PM_{2,5} di seguire un andamento di netta riduzione, in analogia con quanto osservato per gli ossidi di zolfo ed azoto.

La valutazione delle possibili misure di riduzione per questo e per gli altri inquinanti, che seppur meno problematici richiedono comunque un'attenzione, è stata svolta in collaborazione con gli altri settori coinvolti (energia, trasporti, attività produttive) ed in particolar modo con il Ministero dello Sviluppo Economico (MISE).

Per quanto riguarda invece l'ammoniaca, inquinante derivante quasi esclusivamente dalle attività di allevamento e di fertilizzazione dei terreni agricoli, la valutazione delle politiche di riduzione più indicate per ridurre le emissioni è stata condotta in stretta collaborazione con il Ministero delle politiche agricole alimentari, forestali e del turismo (MIPAAFT).

Appare, dunque, prioritario concentrare l'azione strategica sui settori che maggiormente contribuiscono ai livelli emissivi degli inquinanti più critici e su cui, negli ultimi anni, meno è stato fatto, oppure si è fatto ma con scarsa efficacia, per ottenere le riduzioni attese. Fondamentale sarà in fase attuativa, così come lo è stato in fase di pianificazione, cercare di promuovere il più possibile sinergie e coerenze strategiche con gli altri settori rilevanti, in particolar modo il clima, l'energia e l'agricoltura, al fine di contribuire in modo più evidente anche al generale miglioramento della qualità dell'aria.

2.1.1 Qualità dell'aria

La legislazione in materia di qualità dell'aria si pone come obiettivo una progressiva riduzione delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici, per tutelare l'ambiente e la salute dei cittadini. Tale finalità è perseguita tramite la fissazione di valori limite di concentrazione per una serie di inquinanti, che devono essere rispettati entro specifiche date; il rispetto deve essere assicurato tramite la pianificazione e l'adozione di misure ed interventi di risanamento.

Nel nostro Paese il mancato rispetto dei valori limite imposti dalla normativa, relativamente al materiale particolato PM₁₀ e al biossido di azoto NO₂, riguarda ampie aree del territorio nazionale situate nella maggior parte delle Regioni, che sono le autorità responsabili della valutazione e gestione della qualità dell'aria. Tale situazione di inadempimento è però differenziata sul territorio nazionale: infatti, mentre per le Regioni del centro-sud il mancato rispetto dei valori limite è localizzato in piccole aree, appartenenti per lo più ai principali centri urbani, nel Bacino Padano i superamenti sono diffusi su tutto il territorio, anche a causa di condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli. I trend emissivi sono decrescenti e la riduzione delle concentrazioni è evidente su tutto il territorio nazionale ma tale miglioramento non è ancora sufficiente ad assicurare il rispetto dei valori limite.

Stante la competenza primaria delle Regioni in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria, tali criticità sono affrontate tramite l'elaborazione di piani di risanamento regionali e l'adozione di misure di intervento per il miglioramento della qualità dell'aria a livello locale.

L'azione nazionale è finalizzata a garantire un costante supporto alle amministrazioni locali e in particolare, negli ultimi anni, è stato potenziato il coordinamento finalizzato all'adozione di

azioni condivise nelle Regioni che amministrano le aree accomunate da criticità ambientali simili.

Al fine di superare le situazioni di superamento e ridurre le concentrazioni degli inquinanti atmosferici al di sotto degli standard per essi stabiliti dalla normativa, le misure adottate con i piani di qualità dell'aria regionali e gli accordi interregionali promossi a livello nazionale riguardano, principalmente, i seguenti settori:

- la produzione di energia elettrica e le attività industriali;
- la gestione della mobilità e il controllo delle emissioni da trasporto su strada, principalmente in area urbana;
- la combustione domestica della legna;
- le emissioni di ammoniaca derivanti dalla fertilizzazione dei terreni agricoli e dagli allevamenti.

Numerose sono le iniziative locali e nazionali in corso, di cui si forniscono alcune informazioni nel capitolo 3, e il presente programma, volto alla riduzione delle emissioni primarie degli inquinanti, si inserisce tra le azioni nazionali che potranno dare un contributo ad un miglioramento generalizzato della situazione su tutto il Paese.

2.1.2 Clima

La prima proposta di piano nazionale integrato per l'energia e il clima, predisposta congiuntamente dai Ministeri dello Sviluppo Economico, dell'Ambiente e delle Infrastrutture e dei Trasporti, prevede un set di misure finalizzate a raggiungere gli obiettivi assegnati all'Italia affrontando i temi relativi ad energia ed ambiente in modo integrato. In questo contesto, le dimensioni della decarbonizzazione, dell'economia circolare, dell'efficienza e dell'uso razionale ed equo delle risorse naturali rappresentano insieme obiettivi e strumenti per una economia più rispettosa delle persone e dell'ambiente.

Come indicato nella sintesi del piano, gli obiettivi generali individuati dall'Italia possono essere così riassunti:

- a. accelerare il percorso di decarbonizzazione, considerando il 2030 come una tappa intermedia verso una decarbonizzazione profonda del settore energetico da conseguire entro il 2050;
- b. mettere il cittadino e le imprese (in particolare piccole e medie) al centro tramite la promozione dell'autoconsumo e delle comunità dell'energia rinnovabile ma anche massima regolazione e trasparenza del segmento della vendita, in modo che il consumatore possa trarre benefici da un mercato concorrenziale;
- c. favorire l'evoluzione del sistema energetico, in particolare nel settore elettrico, da un assetto centralizzato a uno distribuito basato prevalentemente sulle fonti rinnovabili, adottando misure che migliorino la capacità delle stesse di contribuire alla sicurezza e, nel contempo, favorendo assetti, infrastrutture e regole di mercato che a loro volta contribuiscano all'integrazione delle rinnovabili;

d. continuare a garantire adeguati approvvigionamenti delle fonti convenzionali, perseguendo la sicurezza e la continuità della fornitura, con la consapevolezza del progressivo calo di fabbisogno di tali fonti, sia per la crescita delle rinnovabili che per l'efficienza energetica;

e. promuovere l'efficienza energetica in tutti i settori, come strumento per la tutela dell'ambiente, il miglioramento della sicurezza energetica e la riduzione della spesa energetica per famiglie e imprese;

f. promuovere l'elettrificazione dei consumi, in particolare nel settore civile e nei trasporti, come strumento per migliorare anche la qualità dell'aria e dell'ambiente;

g. accompagnare l'evoluzione del sistema energetico con attività di ricerca e innovazione che, in coerenza con gli orientamenti europei e con le necessità della decarbonizzazione profonda, sviluppino soluzioni idonee a promuovere la sostenibilità, la sicurezza, la continuità e l'economicità delle forniture - comprese quelle per l'accumulo di lungo periodo dell'energia rinnovabile - e favoriscano il riorientamento del sistema produttivo verso processi e prodotti a basso impatto di emissioni carbonio che trovino opportunità anche nella domanda indotta da altre misure di sostegno;

h. adottare, anche a seguito dello svolgimento della Valutazione Ambientale, obiettivi e misure che riducano i potenziali impatti negativi della trasformazione energetica su altri obiettivi parimenti rilevanti, quali la qualità dell'aria e dei corpi idrici, il contenimento del consumo di suolo e la tutela del paesaggio;

i. continuare il processo di integrazione del sistema energetico nazionale in quello dell'Unione.

Anche il piano Energia e clima, così come il programma di controllo della NEC, è stato predisposto sulla base di una profonda condivisione dei suoi contenuti con tutte le Amministrazioni coinvolte, al fine di favorire, per quanto possibile, sinergie tra i diversi settori.

2.2 Coerenza dei dati utilizzati nella pianificazione dei settori rilevanti

In considerazione dello stretto legame tra i settori inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici e in coerenza con l'indicazione, sia della direttiva NEC che delle norme comunitarie in materia di energia e clima in via di emanazione, di promuovere le sinergie tra i due ambiti, si è deciso di procedere parallelamente alla predisposizione del piano energia e clima e del programma di riduzione delle emissioni al fine di garantire per quanto possibile una coerenza tra le due pianificazioni.

Gli scenari energetici e dei livelli delle attività produttive sono stati, dunque, prodotti da ISPRA in coerenza con gli obiettivi definiti nell'ambito della Strategia Energetica Nazionale (SEN) adottata nel novembre 2017 dai Ministri dello Sviluppo Economico e dell'Ambiente, nonché quanto elaborato per la settima comunicazione nazionale effettuata ai sensi della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), per l'allegato 4 al documento di economia e finanza del 2018 (Relazione del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare sullo stato di attuazione degli impegni per la riduzione delle

emissioni di gas ad effetto serra) e per il reporting del 2017 in attuazione del Regolamento (UE) n. 525/2013 relativo al monitoraggio e alla comunicazione delle emissioni di gas a effetto serra e delle politiche e misure.

In particolare lo scenario base è stato costruito sulla scorta dei lavori svolti dal Tavolo Tecnico istituito su iniziativa della Presidenza del Consiglio dei Ministri nel 2016, cui hanno partecipato più di 70 rappresentanti delle Amministrazioni pubbliche centrali e locali, università, istituti di ricerca attivi sul tema dei cambiamenti climatici e della pianificazione energetica.

Lo scenario con politiche e misure alla base di questo programma ricalca, invece, quanto contenuto nella Strategia Energetica Nazionale adottata nel novembre 2017 che solo in parte sono sovrapponibili a quelli attualmente contenuti nel Piano nazionale integrato per l'energia e il clima previsto dal Regolamento (UE) 2018/1999 dell'11 dicembre 2018 sulla governance dell'Unione dell'energia e dell'azione per il clima.

Occorre, infatti, sottolineare che la tempistica dettata dalle due diverse discipline non è allineata: mentre la proposta di piano nazionale energia e clima, da trasmettere in via preliminare alla Commissione europea, è datata 31 dicembre 2018 e il piano dovrà essere prodotto nella versione definitiva a dicembre 2019, il programma previsto dalla direttiva NEC deve essere presentato alla Commissione nella sua versione definitiva entro il 1° aprile 2019. Tale disallineamento ha comportato l'impossibilità di utilizzare esattamente gli stessi scenari e sussistono alcune differenze che potranno essere eliminate o attenuate solo in fase di aggiornamento del programma.

I dettagli sui dati di input utilizzati e sulla metodologia applicata per la elaborazione degli scenari sono riportati nel capitolo 4.

2.3 Responsabilità

Il decreto legislativo 30 maggio 2018, n. 81 prevede, all'articolo 4, la ripartizione delle competenze per la elaborazione e adozione dei programmi nazionali di controllo dell'inquinamento atmosferico. Sulla base di tali prescrizioni il programma nazionale è elaborato dal Ministero dell'ambiente con il supporto di ISPRA ed ENEA per la produzione degli scenari tecnici che descrivono la situazione prevista al 2020 e al 2030.

In particolare, l'ENEA elabora le proiezioni nazionali delle emissioni e gli scenari di qualità dell'aria, utili a valutare l'impatto delle misure di riduzione sulle concentrazioni degli inquinanti. L'ISPRA elabora gli inventari nazionali delle emissioni, le relazioni di inventario e le proiezioni dei consumi energetici e dei livelli delle attività produttive responsabili delle emissioni; si occupa della trasmissione alla Commissione europea degli inventari e delle relative relazioni e delle le attività necessarie alla consultazione con la Commissione in caso di revisione degli inventari; supporta, infine, il Ministero per la ricognizione periodica delle misure e delle politiche previste dal programma, in cui si indicano le autorità competenti per la relativa attuazione, i tempi previsti per l'adozione degli atti attuativi e lo stato di avanzamento e di concertazione degli atti.

Nel corso della procedura di elaborazione del programma, il Ministero assicura la consultazione dei soggetti responsabili per l'attuazione delle politiche e delle misure di riduzione e degli altri soggetti aventi competenze nei settori interessati; in particolare, il gruppo di lavoro tecnico a supporto del processo di definizione del Piano Nazionale Energia e Clima e il Ministero delle Politiche agricole alimentari forestali e del turismo.

La Presidenza del Consiglio dei Ministri ha gestito, quindi, la procedura di adozione del programma, assicurando la consultazione delle autorità responsabili per l'attuazione delle politiche e misure in esso individuate.

Al fine di assicurare l'attuazione del programma, il decreto legislativo 30 maggio 2018, n. 81 prevede l'istituzione, presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri, di un tavolo di coordinamento che coinvolge i Ministeri dell'ambiente, dello sviluppo economico, delle infrastrutture e dei trasporti, delle politiche agricole e forestali e della salute e rappresentanti delle Regioni e degli Enti Locali responsabili per l'attuazione delle misure e delle politiche del programma, designati dalla Conferenza unificata di cui al decreto legislativo n. 281/97.

Infine, per assicurare un meccanismo utile a fini di monitoraggio, nonché di controllo pubblico, sul percorso di attuazione del programma nazionale, si prevede: 1) la trasmissione al Parlamento di una relazione annuale elaborata dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, in cui si descrive lo stato di attuazione del programma 2) la pubblicazione sul sito internet del Ministero dell'ambiente e della Presidenza del Consiglio dei Ministri di una ricognizione periodicamente aggiornata sull'attuazione delle misure e delle politiche previste dal programma.

In fase di attuazione e monitoraggio del programma nazionale di riduzione delle emissioni, saranno coinvolte le autorità che, a vari livelli, hanno competenze nei settori che sono responsabili delle emissioni interessate dagli impegni nazionali di riduzione (come trasporti, industria, agricoltura, energia, riscaldamento civile) o in ambiti collegati (qualità dell'aria, clima), in quanto l'azione di tali autorità dovrà essere coerente con gli obiettivi del programma.

L'attuazione delle misure del programma avverrà, in tutti i casi, a cura delle autorità competenti ad adottare gli atti pertinenti (atti normativi, ordinanze di divieto o di limitazione di attività, piani di settore, strumenti fiscali, misure promozionali, bandi di incentivazione, ecc.) sulla base del riparto di funzioni amministrative e normative ad oggi vigente.

3. Progressi ottenuti nel miglioramento della qualità dell'aria all'applicazione delle attuali politiche

Fin dal 2003 Il Ministero dell'ambiente ha promosso la collaborazione tra le Amministrazioni che, a vari livelli, hanno competenze sulla valutazione e gestione della qualità dell'aria, tramite l'istituzione di un tavolo permanente di lavoro nel quale lo Stato e le Regioni, supportate dai maggiori istituti di ricerca nazionale, scambiano informazioni e strumenti per migliorare il livello di conoscenza e capacità di gestione dei fenomeni di inquinamento atmosferico.

A partire dal 2013, inoltre, il Ministero dell'ambiente ha promosso la sottoscrizione di appositi accordi di programma con le Regioni e gli altri Ministeri volti ad attivare azioni ed iniziative comuni per il miglioramento della qualità dell'aria.

Un primo accordo per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano è stato sottoscritto il 19 dicembre 2013 dai Ministri dell'ambiente, delle infrastrutture e trasporti, dello sviluppo economico, della salute, delle politiche agricole e da otto Regioni e Province Autonome del Bacino Padano.

L'accordo prevede specifici impegni per le parti sottoscrittici, da attuare tramite la predisposizione di misure di carattere normativo e programmatico per il contrasto all'inquinamento atmosferico. In particolare, per i Ministeri è previsto l'impegno a realizzare interventi nei settori individuati tra quelli maggiormente responsabili delle emissioni inquinanti (combustione di biomasse, trasporti merci e passeggeri, riscaldamento civile, industria e produzione di energia, agricoltura), mentre le regioni del Bacino Padano dovranno provvedere all'adozione delle misure mediante una modifica dei propri piani di qualità dell'aria.

Il Ministero dell'ambiente ha provveduto a predisporre un decreto relativo alla certificazione dei generatori di calore ad uso domestico (stufe e camini) finalizzato alla diffusione di tecnologie sempre più efficienti e pulite, pubblicato a dicembre 2017. Tramite il nuovo sistema di certificazione sarà possibile da subito disciplinare le limitazioni all'utilizzo delle stufe meno performanti (misura già attivata nelle Regioni del Bacino Padano attraverso il nuovo accordo), orientare gli incentivi verso i dispositivi a minor impatto ambientale e favorire la ricerca e lo sviluppo verso tecnologie sempre più verdi.

Attraverso l'attuazione del primo accordo del Bacino Padano è, inoltre, stato studiato ed elaborato un set di valori limite per gli impianti industriali a biomassa poi utilizzato nell'ambito del recepimento della direttiva 2015/2193 sui medi impianti di combustione. I limiti inseriti nel testo del decreto sono più severi di quelli della direttiva stessa.

Infine, sempre attraverso l'attuazione del primo accordo del Bacino Padano, sono state elaborate, in collaborazione con il MIPAAFT e le Regioni, le "Linee guida agricole per la riduzione delle emissioni di ammoniaca nel Bacino Padano", contenenti misure per la riduzione delle emissioni in atmosfera delle attività agricole e zootecniche, anche con riferimento all'individuazione di interventi strutturali su ricoveri ed impianti di raccolta e di smaltimento dei reflui, nonché alla regolamentazione delle pratiche di spandimento dei reflui e dei concimi azotati, nonché l'individuazione delle possibili modalità per l'attuazione. Tale documento costituisce un utile strumento a disposizione delle Regioni per regolare, nei propri piani di risanamento, l'utilizzo anche in campo agricolo di tecniche a basso impatto ambientale.

Il 30 dicembre 2015 è stato invece sottoscritto un importante Protocollo d'Intesa tra il Ministero dell'Ambiente, la Conferenza delle Regioni e Province autonome e l'Associazione Nazionale dei Comuni Italiani per definire ed attuare misure omogenee su scala di bacino per

il miglioramento e la tutela della qualità dell'aria e la riduzione di emissioni di gas climalteranti, con interventi prioritari nelle città metropolitane.

Nell'ambito del protocollo il Ministero ha previsto l'utilizzo di risorse per l'attuazione di interventi nel campo della mobilità (piani spostamento casa scuola) ed energetico (efficienza energetica edifici), e istituito un bando per il finanziamento di interventi urgenti sulla qualità dell'aria in coincidenza con situazioni di inquinamento acuto (più di 5 giorni consecutivi di superamenti del valore limite giornaliero del PM₁₀).

In considerazione della permanenza di una situazione di estrema criticità sulla qualità dell'aria nelle Regioni del Bacino Padano, a partire dal 2016 è stato svolto un serrato confronto tra il Ministero e gli Assessori e i Presidenti di tali Regioni, dal quale si è pervenuti alla predisposizione e condivisione di un nuovo accordo che prevede una serie di ulteriori misure di mitigazione dell'inquinamento atmosferico da adottare in modo congiunto e coordinato in tali realtà territoriali. L'accordo è stato sottoscritto a Bologna il 9 giugno 2017.

Gli interventi individuati, come auspicabile, riguardano i tre settori che ad oggi maggiormente contribuiscono all'inquinamento e quindi i trasporti, il riscaldamento domestico a biomassa e l'agricoltura. In particolare, relativamente al settore dei trasporti, l'accordo prevede l'impegno da parte delle Regioni ad adottare in modo congiunto progressivi divieti di circolazione nei centri urbani con popolazione superiore ad una certa soglia e dotati di trasporto pubblico locale, di veicoli passeggeri e commerciali diesel fino alla motorizzazione Euro 5. In particolare tale motorizzazione sarà vietata a partire dal 2025. Non sono invece stati previsti ad oggi divieti per i veicoli Euro 6 diesel, stante l'impossibilità di valutare l'effettiva capacità di riduzione delle emissioni che tali veicoli avranno a partire dal 2021, successivamente all'introduzione dei nuovi cicli di guida di omologazione.

Al fine di supportare tale misura, le Regioni si sono impegnate a prevedere appositi programmi di incentivazione alla sostituzione dei veicoli diesel con veicoli a basso impatto ambientale e a favorire sistemi di mobilità sostenibile, anche attraverso la diffusione di infrastrutture per i combustibili alternativi, di servizi di mobilità ciclopedonale e del car sharing. Il Ministero dell'ambiente, da parte sua, si è impegnato a contribuire con risorse dedicate.

Relativamente al settore del riscaldamento domestico a biomassa, l'accordo prevede l'impegno delle Regioni a vietare, a partire da certe date, l'utilizzo di stufe a biomassa che non abbiano certe prestazioni ambientali di minimo. In particolare si utilizzerà il riferimento al sistema introdotto dal decreto sulla certificazione dei generatori di calore, che classifica le stufe tra 1 e 5 stelle in base alle prestazioni emissive delle stesse. Il divieto riguarda da subito le stufe con 1 o 2 stelle mentre dal 2020 sarà esteso anche alle stufe 3 stelle.

Le Regioni si impegnano, infine, ad introdurre alcune disposizioni volte a limitare l'impatto della combustione della biomassa sulla qualità dell'aria, quali ad esempio il divieto permanente di bruciatura delle stoppie agricole, il divieto di utilizzo della legna per la finalità del raggiungimento degli obiettivi sull'efficienza energetica fissati dal decreto legislativo 28/2011, così come l'utilizzo obbligatorio di pellet di qualità nelle stufe domestiche.

In tale ambito il Ministero dell'ambiente ha concordato con il Ministero dello sviluppo economico la revisione dei programmi di incentivazione alle fonti rinnovabili in maniera coerente con gli impegni previsti dall'accordo, ed evitando pertanto che eventuali dispositivi ad oggi incentivati possano essere poi vietati nei prossimi anni.

Relativamente al settore agricoltura, l'accordo prevede l'impegno per le Regioni a prevedere sui propri territori l'applicazione di pratiche finalizzate alla riduzione delle emissioni prodotte dalle attività agricole, quali la copertura delle strutture di stoccaggio di liquami, l'applicazione di corrette modalità di spandimento dei liquami e l'interramento delle superfici di suolo oggetto dell'applicazione di fertilizzanti, ove tali pratiche risultino tecnicamente fattibili ed economicamente sostenibili.

Sul tema il Ministero dell'ambiente si impegna a contribuire con risorse da destinare al tema, anche cercando di favorire la disponibilità di risorse dei programmi di sviluppo rurale ad oggi vincolate a regole e restrizioni che ne limitano fortemente la possibilità di utilizzo per finalità ambientali.

Ultimo impegno per le Regioni sul tema sarà quello di adottare criteri unici e per la gestione delle situazioni di criticità legate ad eventi di inquinamento molto elevato (ad esempio in pieno inverno ed in condizioni meteorologiche sfavorevoli), ed un sistema unico telematico per l'informazione ai cittadini circa le misure emergenziali intraprese in tali situazioni critiche.

Ai fini del monitoraggio ed aggiornamento dell'accordo è previsto un apposito gruppo di lavoro che lavorerà con riunioni periodiche che potranno prevedere, se necessario, anche la partecipazione attiva dei Comuni delle aree interessate dagli interventi.

Dalle prime valutazioni effettuate circa l'efficacia che sarà garantita dalla piena attuazione del nuovo accordo del Bacino padano è possibile stimare una riduzione delle emissioni, nel complesso delle 4 Regioni, pari a circa il 38% delle emissioni di PM₁₀, circa il 30% delle emissioni di ossidi di azoto e circa il 23% delle emissioni di ammoniaca. Le misure di restrizione della circolazione riguarderanno invece in prima istanza 110 Comuni con popolazione superiore a 30.0000 abitanti per una popolazione pari a circa 11 milioni di cittadini.

Complessivamente, le misure adottate in passato a livello nazionale, interregionale e locale, hanno prodotto una significativa riduzione delle emissioni nazionali dei principali inquinanti atmosferici, non ancora però sufficiente, in alcuni casi, a ridurre le relative concentrazioni in aria ambiente al di sotto dei valori limite stabiliti dalla normativa.

I trend delle emissioni e delle concentrazioni degli inquinanti oggetto della direttiva NEC sono riportati nei successivi paragrafi.

3.1 Trend emissivi

L'andamento dei livelli emissivi degli inquinanti oggetto della direttiva NEC ha subito consistenti riduzioni nel corso degli ultimi dieci anni, a seguito dei cambiamenti nelle

strategie europee di gestione di alcuni settori inquinanti e delle misure di riduzione adottate a livello nazionale e regionale.

In questo paragrafo, si riportano i trend emissivi, calcolati sulla base degli inventari nazionali prodotti da ISPRA, in riferimento al periodo che va dal 2005 al 2016.

In Tabella 2 è riportata la codifica dei settori emissivi, così come utilizzata nell'ambito della nomenclatura usata per il reporting delle emissioni sia in ambito RTAP che ai sensi della direttiva NEC (NFR – Nomenclature For Reporting).

Codice NFR	Settore
1A1	Energy Industries
1A2	Manufacturing Industries
1A3	Transport
1A4	Residential-public-commercial sector
1A5	Other Energy
1B	Fugitive Emissions from Fuel
2	Industrial Processes
3	Solvent and Other Product Use
4	Agriculture
5	Land Use, Land Use Change
6	Waste

Tabella 2 – Codifica dei settori nella nomenclatura NFR

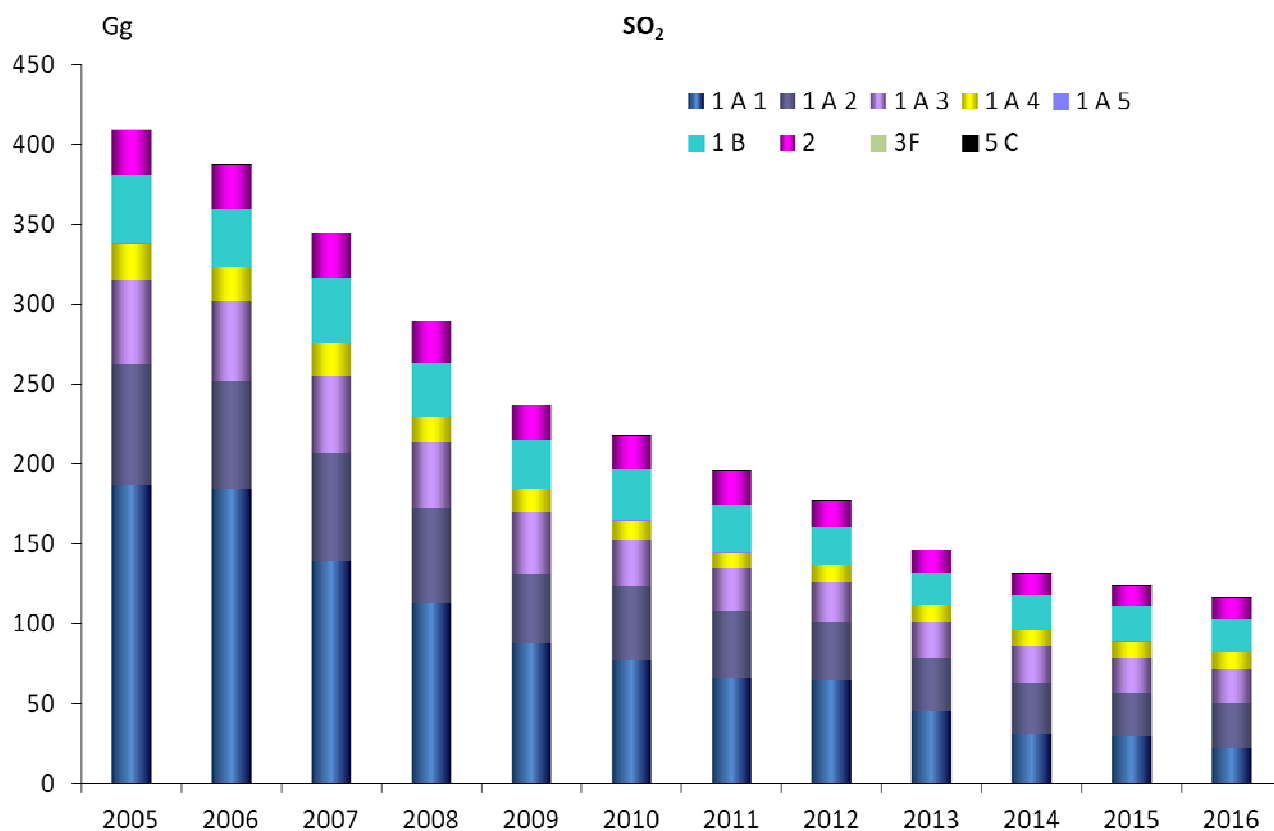


Figura 1 – Andamento delle emissioni di ossidi di zolfo, categorie NFR

Dal 2005 al 2016 si osserva una riduzione complessiva delle emissioni nazionali di biossido di zolfo di circa il 72%, soprattutto a carico del settore 1A1, proseguendo il trend che si può osservare fin dall'inizio della serie storica disponibile, che parte dal 1990.

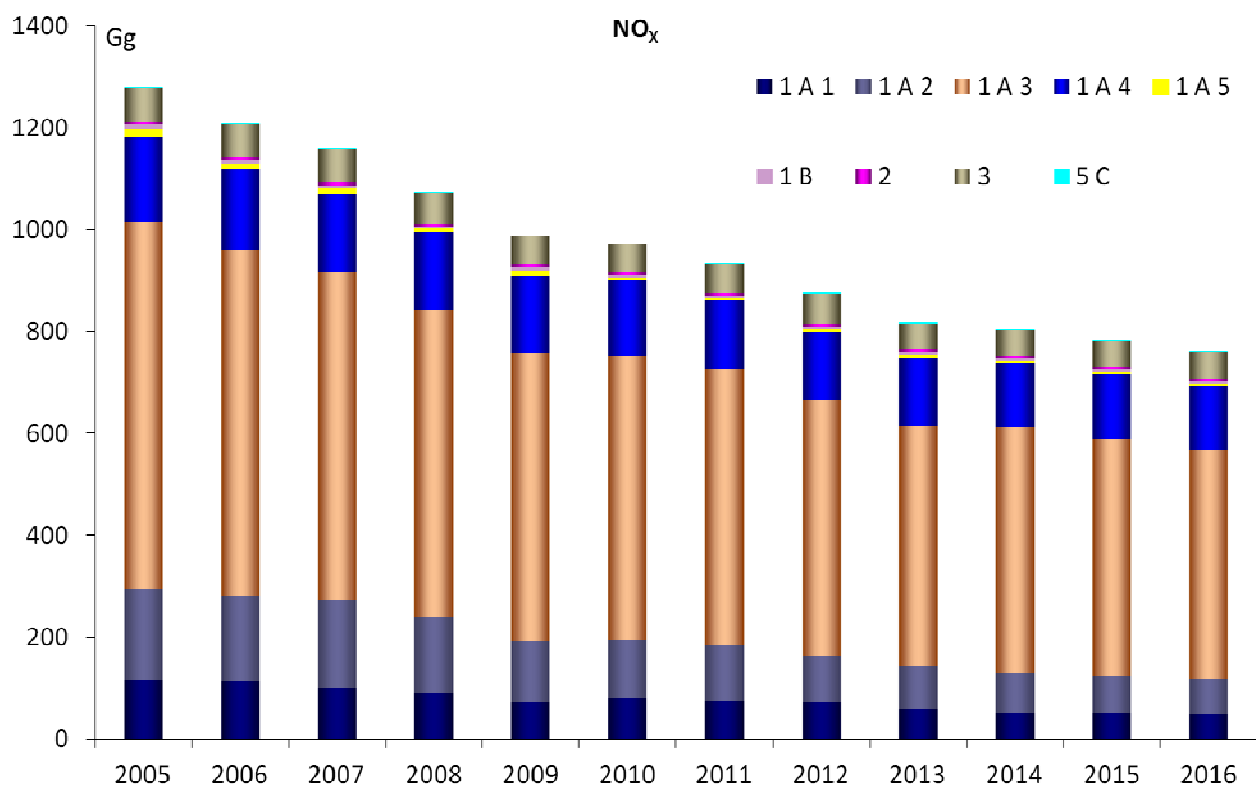


Figura 2 – Andamento delle emissioni di ossidi di azoto, categorie NFR

Rispetto al 2005 si osserva una riduzione delle emissioni complessive di circa il 41%. Sebbene i settori della combustione (1A1 e 1A2) riducano le proprie emissioni in modo più significativo, il settore dei trasporti (1A3), che rappresenta la principale sorgente, ha una riduzione pari a solo il 38%. Per conseguire l'obiettivo al 2030 è quindi determinante incidere in modo importante su questo settore.

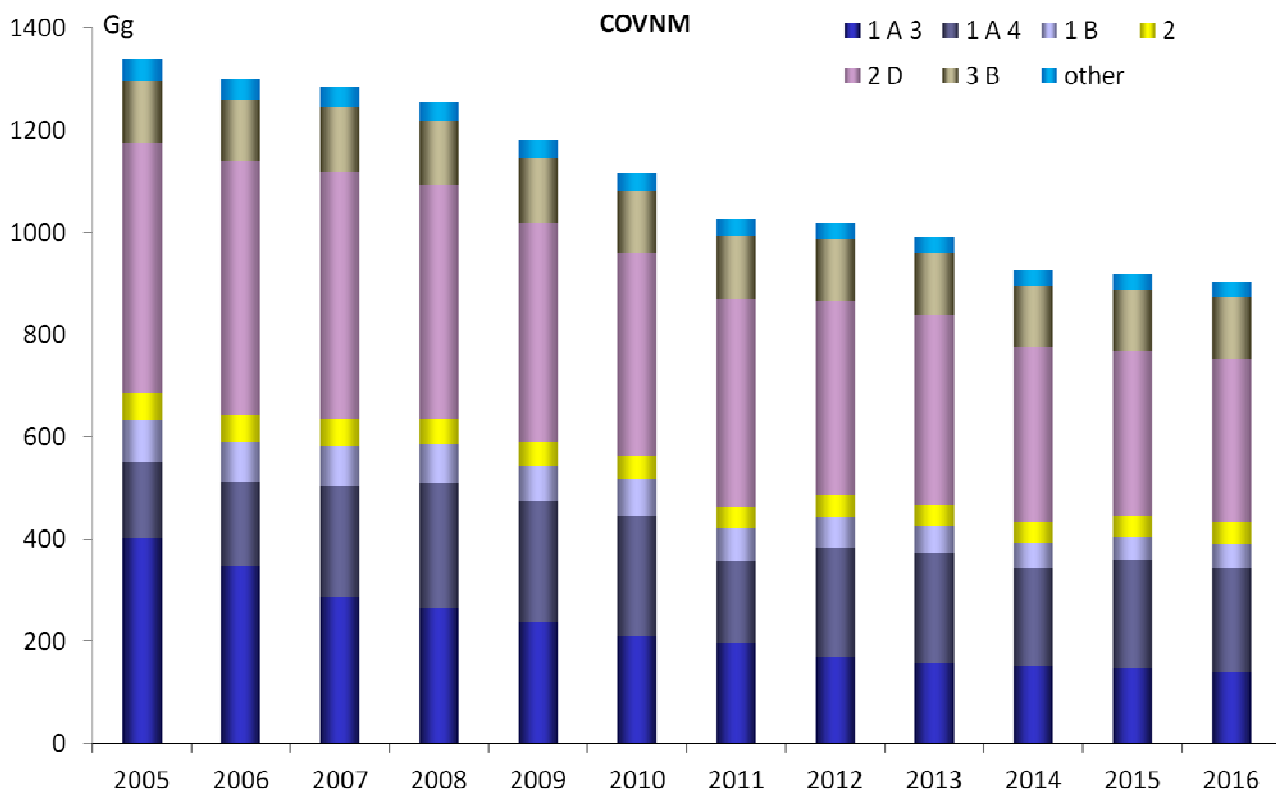


Figura 3 – Andamento delle emissioni di ossidi di composti organici volatili non metanici, categorie NFR

Per questa classe di inquinanti si osserva una riduzione dal 2005 al 2016 pari a circa il 32%. Si osserva, in particolare per la combustione domestica (1A4), un aumento delle emissioni di COVNM dovuti ad un maggiore utilizzo di biomassa per il riscaldamento delle abitazioni.

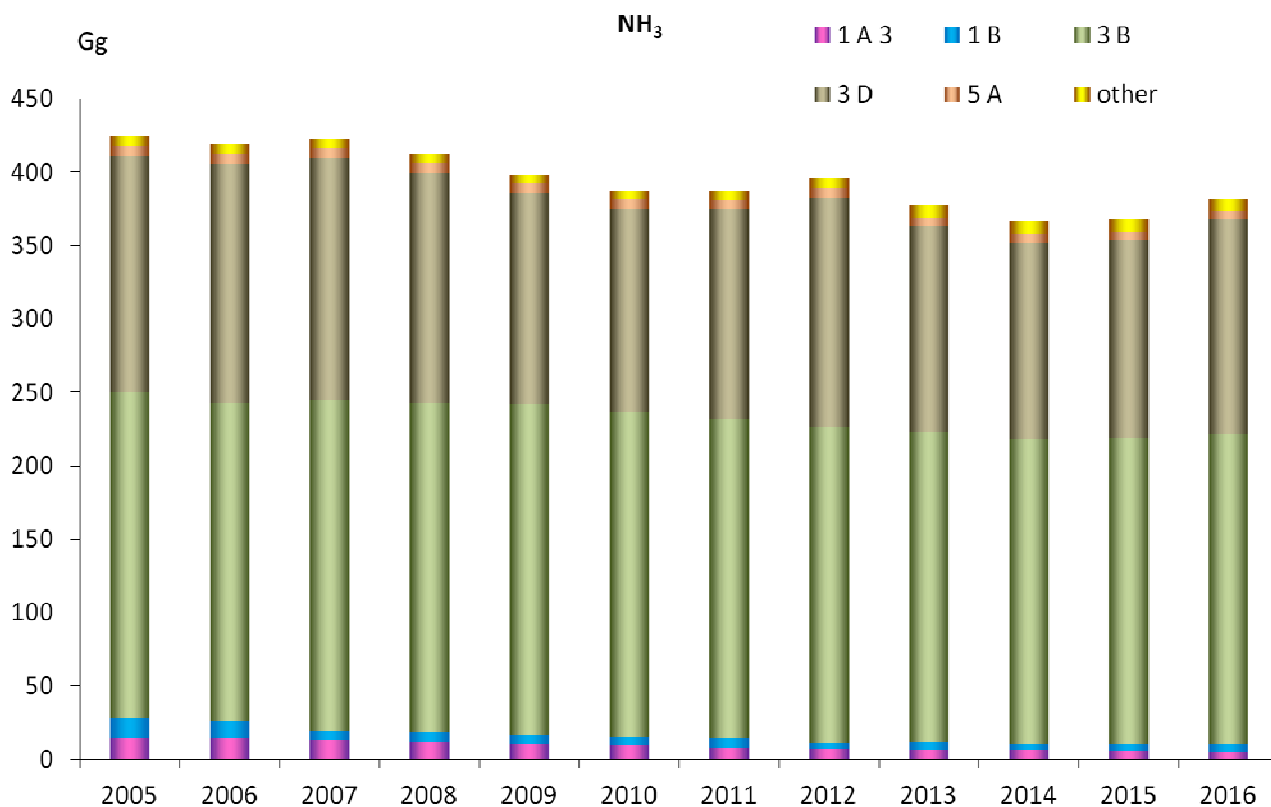


Figura 4 – Andamento delle emissioni di ammoniaca, categorie NFR

Sebbene per l'ammoniaca si registri al 2016 una riduzione pari a poco meno del 10% rispetto al 2005, questo inquinante è l'unico per il quale l'andamento non è orientato verso la riduzione decisa delle emissioni, essendo soggetto anche a fluttuazioni interannuali. La gran parte delle emissioni proviene dal settore agricolo sul quale è necessario intervenire in modo da garantire una riduzione più decisa sia nell'uso dei fertilizzanti sia negli allevamenti.

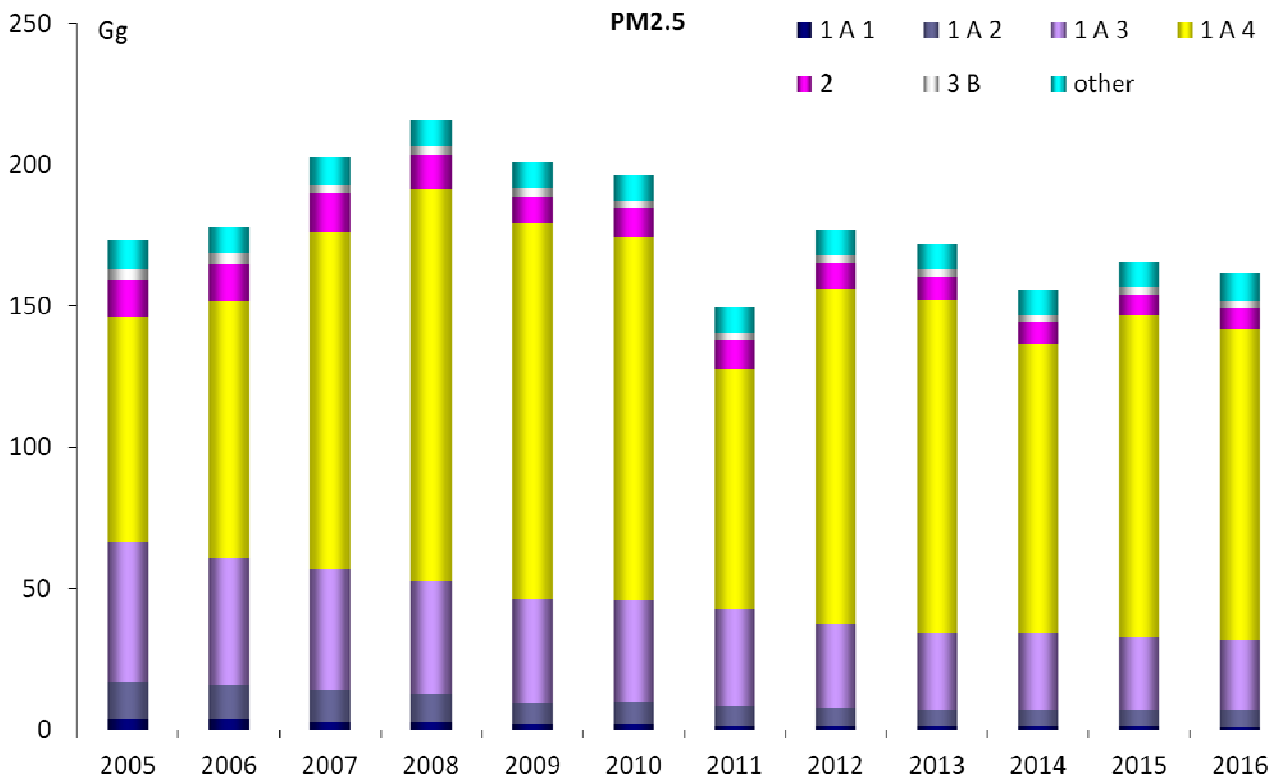


Figura 5 – Andamento delle emissioni di materiale particolato $PM_{2,5}$, categorie NFR

Per il $PM_{2,5}$ si osserva nel periodo in esame una riduzione delle emissioni pari a circa il 7%. Come rilevato anche per l'ammoniaca, per tale inquinante non c'è un trend di chiara riduzione ma, oltre alle oscillazioni interannuali, si può addirittura osservare che il settore che più contribuisce, ovvero la combustione domestica (1A4), aumenta le proprie emissioni di circa il 37%, di fatto vanificando le riduzioni conseguite in altri settori.

3.2 Trend delle concentrazioni

Per poter trarre conclusioni oggettive sullo stato della qualità dell'aria e sull'efficacia degli interventi intrapresi al fine di migliorarla, gli studi condotti negli ultimi anni si sono avvalsi dell'utilizzo di specifici metodi e strumenti che considerano la variabilità spaziale e temporale con cui si sviluppano i fenomeni di inquinamento atmosferico e affrontano il problema della stima dei trend con un approccio statistico-probabilistico. Tale approccio offre il vantaggio di descrivere, interpretare e prevedere il comportamento puntuale del fenomeno, in relazione al suo evolvere nel tempo, e permette di associare all'analisi effettuata il relativo margine di incertezza. La necessità e la sfida è quella di superare un approccio qualitativo alla stima dei trend, dal quale risulta impossibile interpretare in modo univoco e obiettivo le tendenze in atto.

ISPRA ha recentemente aggiornato l'analisi statistica dei trend (riferita al periodo 2008-2017 per PM_{10} ed NO_2 , al 2010-2017 per il $PM_{2,5}$), con l'obiettivo di verificare l'esistenza o meno di una tendenza, e la sua significatività statistica, all'aumento o alla diminuzione nel tempo delle

concentrazioni dei principali inquinanti aerodispersi desumibile dalle serie storiche di dati misurati presso le centraline di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico italiane (ISPRA, 2018). L'analisi è stata condotta con il metodo di Mann-Kendall corretto per la stagionalità. Implementare un metodo di destagionalizzazione permette di minimizzare l'effetto delle oscillazioni interannuali dovute alle differenze riscontrabili rispetto al ciclo stagionale medio, di evidenziare l'esistenza di una tendenza di fondo, di quantificare la sua significatività statistica e di stimare la variazione di concentrazione annuale media nel periodo di osservazione.

Per ciascun inquinante è stato selezionato un campione omogeneo, costituito da tutte le stazioni che hanno prodotto dati in modo continuo nel decennio, con una copertura annuale pari almeno al 75%.

Per quanto riguarda il PM₁₀ è stato evidenziato un trend decrescente statisticamente significativo nel 77% dei casi (119 stazioni di monitoraggio su 155; variazione annuale media stimata: -0,8 µg/m³y [-2,8 µg/m³y ÷ -0,2 µg/m³y]). Un trend crescente statisticamente significativo è stato individuato nel 3% dei casi (4 stazioni di monitoraggio su 155; variazione annuale media stimata: +0,4 µg/m³y [+0,4 µg/m³y ÷ +0,5 µg/m³y]). Nel restante 20% dei casi (32 stazioni di monitoraggio su 155) non è stato possibile escludere l'ipotesi nulla (assenza di trend) per il dato livello di confidenza (95%).

PM10	Trend decrescente		Trend crescente		Trend non significativo
	(p<0,05)		(p<0,05)		(p>0,05)
	n	Δ _y (µg m ⁻³ y ⁻¹)	n	Δ _y (µg m ⁻³ y ⁻¹)	n
2008 – 2017 (155 stazioni)	119	-0,8 [-2,8 ÷ -0,2]	4	0,4 [0,4 ÷ 0,5]	32

Tabella 3 – Sintesi dei risultati dell'analisi del trend (2008 – 2017) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di PM₁₀ in Italia su una selezione di 155 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

Legenda:

$p \leq 0,05$: il trend osservato è statisticamente significativo

$p > 0,05$: non può essere esclusa l'ipotesi nulla (assenza di trend)

$p > 0,05$: non può essere esclusa l'ipotesi nulla (assenza di trend)

Δ_y: variazione media annuale stimata sulla base dei risultati del test di Kendall corretto per la stagionalità

Analogamente per il biossido di azoto è stato evidenziato un trend decrescente statisticamente significativo nella larga maggioranza dei casi 79% (195 stazioni di monitoraggio su 246; variazione annuale media stimata: -1,0 µg/m³y [-4,5 µg/m³y ÷ -0,1 µg/m³y]).

NO2	Trend decrescente		Trend crescente		Trend non significativo
	(p<0,05)		(p<0,05)		(p>0,05)
	n	Δ_y ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	n	Δ_y ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	n
2008 – 2017 (246 stazioni)	195	-1,0 [-4,5 ÷ -0,1]	12	0,5 [0,1 ÷ 1,1]	39

Tabella 4 – Sintesi dei risultati dell'analisi del trend (2008 – 2017) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di NO₂ in Italia su una selezione di 246 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

Legenda:

$p \leq 0,05$: il trend osservato è statisticamente significativo

$p > 0,05$: non può essere esclusa l'ipotesi nulla (assenza di trend)

$p > 0,05$: non può essere esclusa l'ipotesi nulla (assenza di trend)

Δ_y : variazione media annuale stimata sulla base dei risultati del test di Kendall corretto per la stagionalità

Per quanto riguarda il PM_{2,5} il periodo di osservazione è più breve e il numero di stazioni disponibili è inferiore ma è comunque prevalente la tendenza alla riduzione delle concentrazioni (andamento decrescente statisticamente significativo nel 69% dei casi, 43 stazioni di monitoraggio su 62; variazione annuale media stimata: -0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$ [-1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$ ÷ -0,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{y}$]).

PM2,5	Trend decrescente		Trend crescente		Trend non significativo
	(p≤0,05)		(p≤0,05)		(p>0,05)
	n	Δ_y ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	n	Δ_y ($\mu\text{g m}^{-3}\text{y}^{-1}$)	n
2008 – 2017 (62 stazioni)	43	-0,7 [-1,5 ÷ -0,2]	4	0,7 [0,3 ÷ 1,0]	15

Tabella 5 – Sintesi dei risultati dell'analisi del trend (2010 – 2017) con il test di Kendall corretto per la stagionalità delle concentrazioni di PM_{2,5} in Italia su una selezione di 62 stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale. Fonte: ISPRA

Legenda:

$p \leq 0,05$: il trend osservato è statisticamente significativo

$p > 0,05$: non può essere esclusa l'ipotesi nulla (assenza di trend)

$p > 0,05$: non può essere esclusa l'ipotesi nulla (assenza di trend)

Δ_y : variazione media annuale stimata sulla base dei risultati del test di Kendall corretto per la stagionalità

Relativamente all'ozono emerge che nella quasi totalità delle stazioni osservate (100 su 116) non è possibile individuare un trend statisticamente significativo dei valori medi; la tendenza di fondo appare sostanzialmente monotona, e le oscillazioni interannuali sono attribuibili alle naturali fluttuazioni della componente stagionale. È possibile soltanto apprezzare una moderata evidenza di riduzione dei valori di picco nei mesi estivi.

Nonostante, dunque, si continui a osservare una lenta riduzione dei livelli di PM₁₀, PM_{2,5} e NO₂ in Italia, coerente con quanto osservato in Europa nell'ultimo decennio (e.g. EEA, 2018), come risultato della riduzione congiunta delle emissioni di particolato primario e dei principali

precursori del particolato secondario (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca), osservando i dati di concentrazione più recenti disponibili, ancora sussistono criticità per alcuni inquinanti.

Si riporta nel seguito un dettaglio per i principali inquinanti. I dati sono riferiti al 2017.

Materiale particolato PM₁₀

Sono stati registrati superamenti sia del valore limite annuale (13 stazioni pari al 3% dei casi) che del valore limite giornaliero (161 stazioni nel 2017 pari al 31% dei casi). Risultano, infine, superati nella maggior parte delle stazioni di monitoraggio sia il valore di riferimento annuale dell'OMS (68% dei casi), sia quello giornaliero (76% dei casi). I superamenti registrati sono concentrati nell'area del bacino padano e in alcune aree urbane del centro sud. Nel 2017 i superamenti del valore limite giornaliero hanno interessato 31 zone su 81, distribuite in 11 regioni (Figura 6) mentre i superamenti del valore limite annuale hanno interessato 7 zone su 81 distribuite in 4 Regioni.

Materiale particolato PM_{2,5}

Il valore limite annuale (25 µg/m³), è stato superato in 34 stazioni nel 2017, pari al 13% dei casi. Mentre il valore di riferimento OMS annuale (10 µg/m³) è stato superato in 222 stazioni (87% dei casi) (Figura 7). I superamenti del valore limite sono concentrati nell'area del bacino padano. I superamenti hanno interessato 13 zone su 79 distribuite in 4 Regioni.

Biossido di azoto

Il valore limite orario è largamente rispettato e solo 2 stazioni nel 2017 superano i 200 µg/m³, come media oraria, per più di 18 volte. Il valore di riferimento OMS, che non prevede superamenti dei 200 µg/m³, è stato superato in 30 stazioni, pari al 5% delle stazioni con copertura temporale sufficiente. Il valore limite annuale, pari a 40 µg/m³ come media annua, che coincide con il valore di riferimento OMS per gli effetti a lungo termine sulla salute umana, è stato superato in 61 stazioni (10%) nel 2017 (Figura 8). La quasi totalità dei superamenti sono stati registrati in stazioni orientate al traffico, localizzate in importanti aree urbane. I superamenti del valore limite annuale hanno interessato 24 zone su 81 distribuite in 10 Regioni e 2 Province autonome.

Ozono

Nel 2017 l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (OLT) è stato superato in 301 stazioni su 331 pari al 91% delle stazioni con copertura temporale sufficiente; l'OLT è stato superato per più di 25 giorni in 222 stazioni (67%, Figura 9). Le soglie di informazione e di allarme sono state superate rispettivamente in 180 (54%) e 21 stazioni (6%) su 331. I valori di concentrazione più elevati si registrano prevalentemente nel nord Italia. L'obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione (AOT40v) è stato superato in 142 stazioni su 150 (95%) con valori molto superiori al limite normativo (6000 µg/m³*h).

Benzo(a)pirene (contenuto totale nel PM₁₀).

Il valore obiettivo (1,0 ng/m³), è stato superato in 25 stazioni nel 2017 (22% dei casi). (Figura 10). Il valore obiettivo è stato superato prevalentemente in quelle zone (bacino padano e zone pedemontane appenniniche e alpine) dove è maggiore il consumo di biomassa legnosa per il riscaldamento civile e le condizioni meteorologiche invernali favoriscono l'accumulo degli inquinanti. I superamenti hanno interessato 19 zone su 75 distribuite in 8 Regioni.

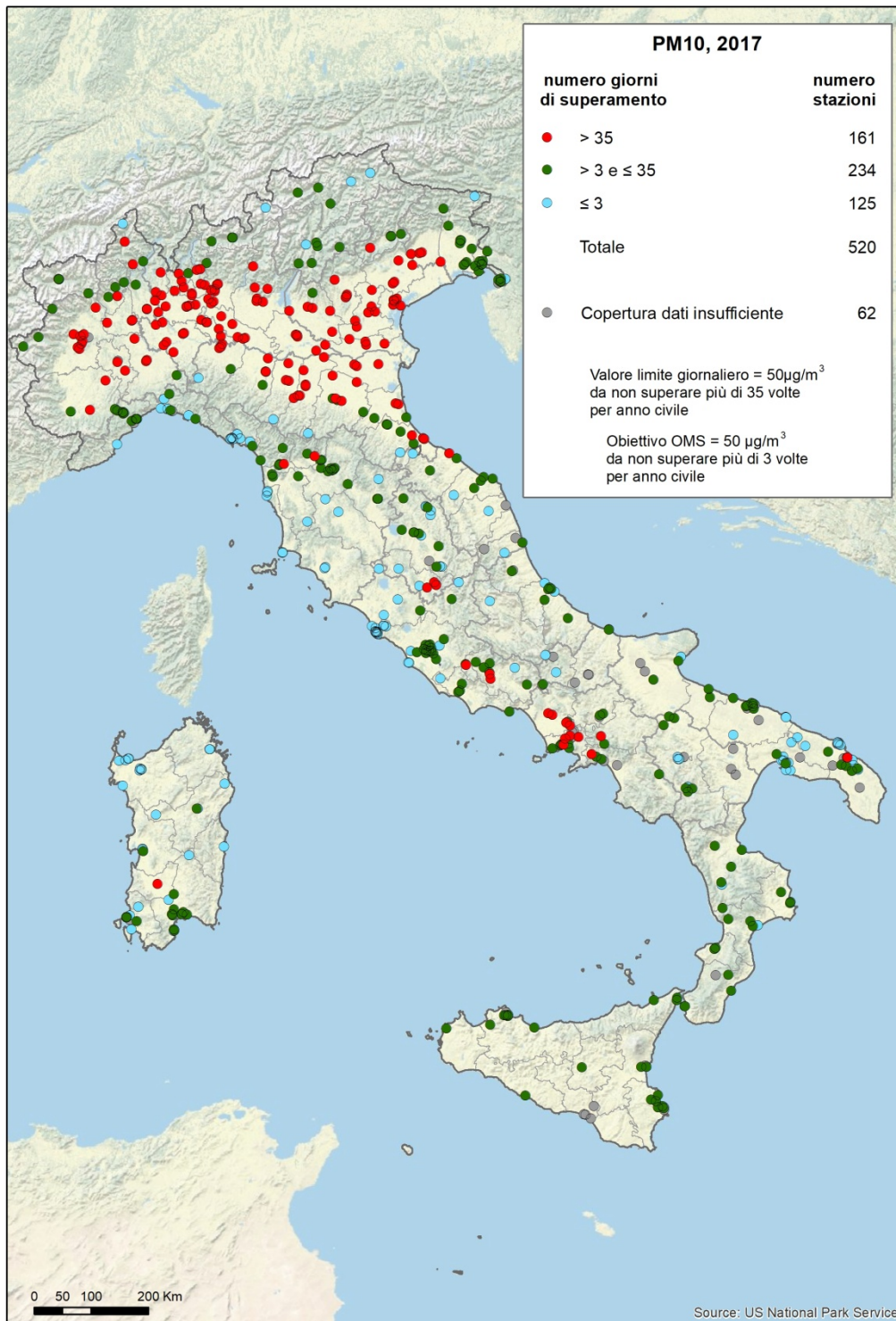


Figura 6 – PM10. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite giornaliero per la protezione della salute (2017). Fonte: ISPRA

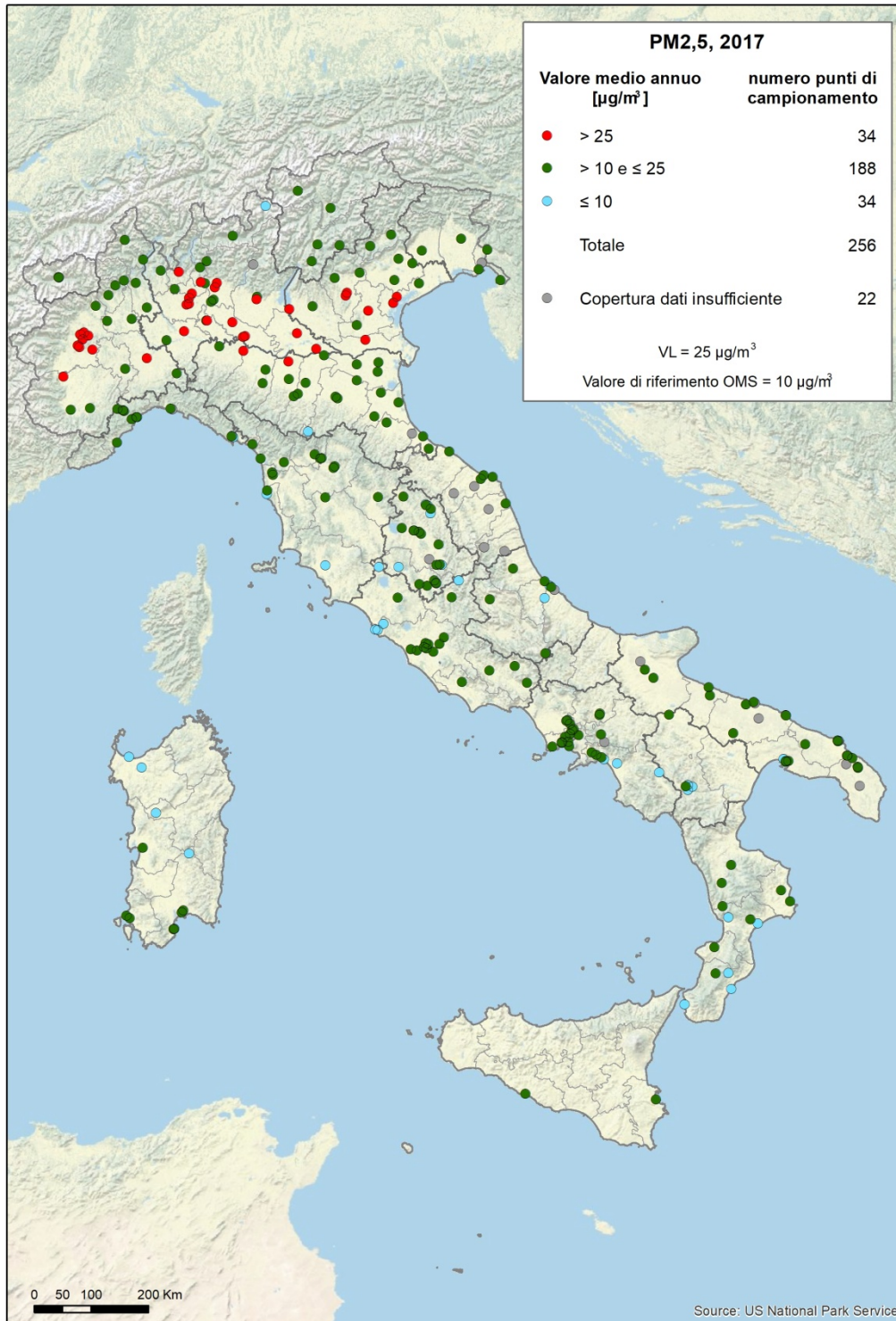


Figura 7 – PM2,5. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute (2017). Fonte: ISPRA

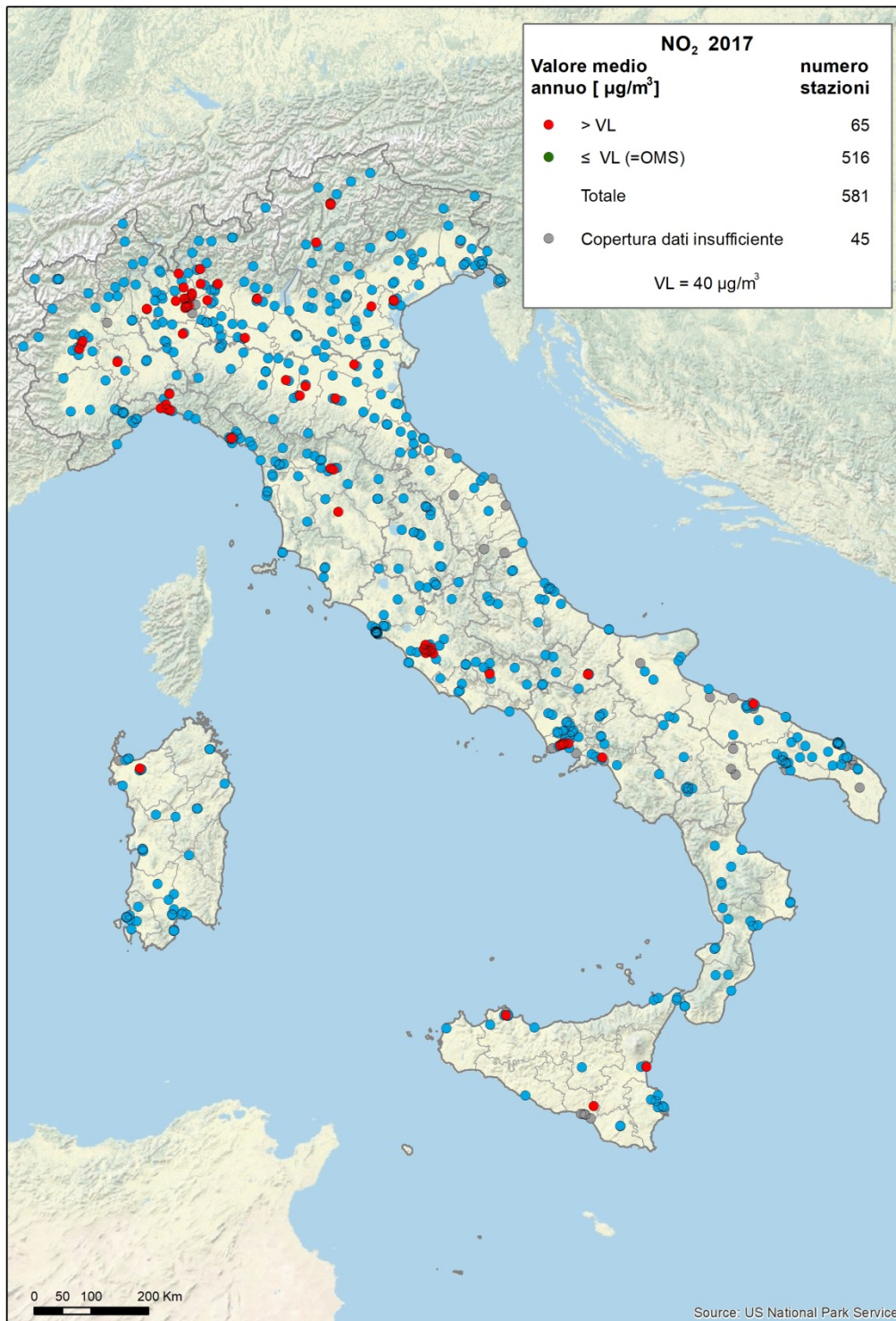


Figura 8 – NO₂. Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore limite annuale per la protezione della salute (2017). Fonte: ISPRA

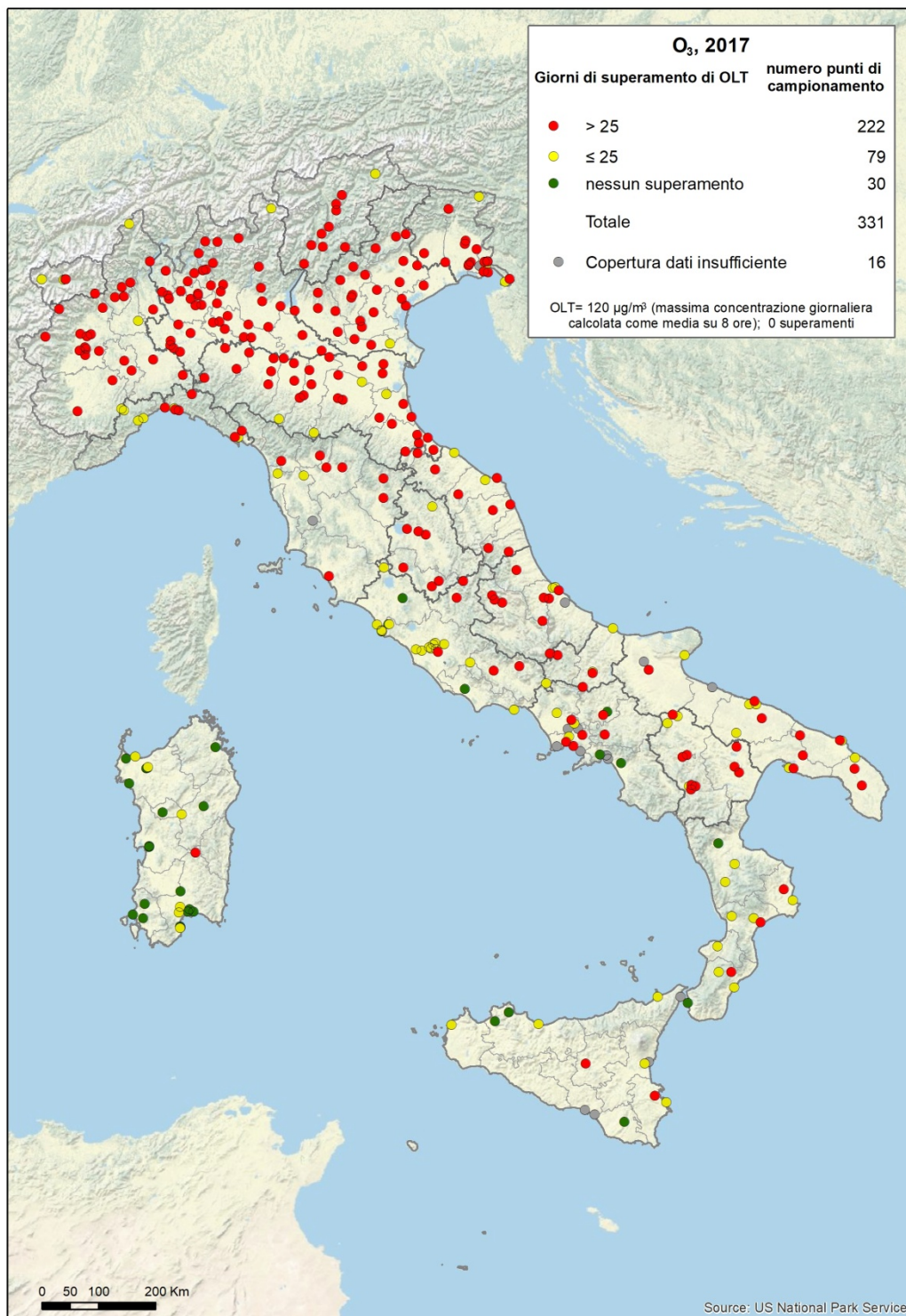


Figura 9 – O₃. Stazioni di monitoraggio e superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute (2017). Fonte: ISPRA

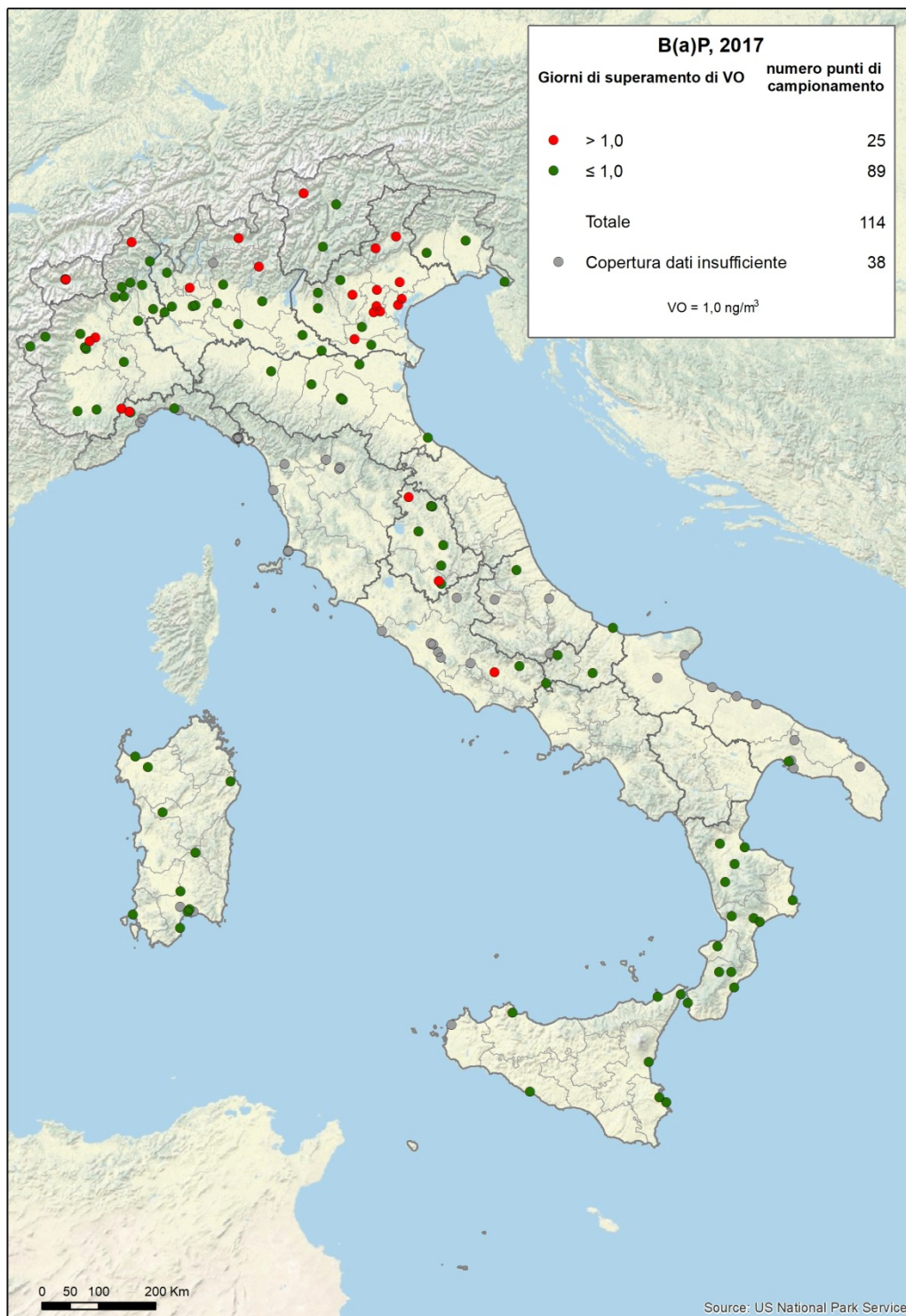


Figura 10 – Benzo(a)pirene (contenuto totale nel PM₁₀). Stazioni di monitoraggio e superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute (2017). Fonte: ISPRA

4. Metodologia applicata per la produzione degli scenari nazionali

4.1 Scenari energetici e dei livelli di attività

Gli scenari energetici sono stati elaborati da ISPRA con il generatore di modelli TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System), che appartiene alla famiglia dei modelli MARKAL e dei cosiddetti modelli 3e (energia, economia, ambiente) la cui metodologia è stata sviluppata nell'ambito dell'Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP) dell'International Energy Agency (IEA).

TIMES combina due approcci sistematici diversi ma complementari alla modellizzazione dell'energia: un approccio tecnico ingegneristico e un approccio economico. TIMES è un generatore di modelli bottom-up che utilizza la programmazione lineare per simulare un sistema energetico in cui i costi sono minimizzati, ottimizzandoli in base a una serie di vincoli dell'utente, su orizzonti temporali a medio e lungo termine.

ISPRA, attraverso l'uso di questo strumento, ha sviluppato una modellizzazione del sistema energetico italiano al fine di esplorarne le possibili future evoluzioni. Il sistema energetico simulato è composto da diversi settori e sottosettori (ad esempio produzione di elettricità, attività industriali, edifici residenziali, ecc.), ciascuno costituito da una serie di tecnologie collegate da relazioni lineari input-output. Gli input e gli output possono essere vettori energetici, materiali, emissioni o richieste di servizi. Essendo un modello di tipo bottom-up, ogni tecnologia è identificata da un insieme di parametri tecnici ed economici e la produzione di un bene o di un servizio dipende dalla domanda effettiva da parte degli utenti finali. In questo modo i consumi totali dei vettori energetici sono il risultato delle somme dei consumi necessari per soddisfare le singole domande finali attraverso il mix di processi scelto dal modello attraverso l'ottimizzazione e tenendo conto dei vincoli imposti.

TIMES identifica la soluzione ottimale per fornire servizi energetici al minor costo, producendo simultaneamente investimenti in nuove tecnologie o utilizzando più intensamente le tecnologie disponibili. Ad esempio, un aumento della domanda di elettricità per uso residenziale può essere soddisfatto con un uso più intensivo delle centrali elettriche disponibili o l'installazione di nuove centrali elettriche. La scelta del modello si baserà sull'analisi delle caratteristiche tecnologiche delle alternative disponibili, sull'economia dell'approvvigionamento energetico e sui vincoli del sistema quali ad esempio criteri o vincoli ambientali.

Il modello è stato sviluppato tenendo in considerazione quanto richiesto in input dal modello GAINS-Italia utilizzato da ENEA per il calcolo delle proiezioni delle emissioni inquinanti. Di fatto i due modelli sono fortemente integrati ed è pertanto possibile estrarre dall'output del modello TIMES utilizzato da ISPRA lo scenario energetico in input al modello GAINS-Italia.

Al fine di garantire la massima coerenza tra i diversi settori, gli scenari prodotti in questo contesto sono stati prodotti secondo la stessa metodologia utilizzata per il calcolo degli scenari impiegati per la definizione del piano energia e clima, ossia uno scenario base, che include solo le politiche e misure vigenti fino al 2015 (d'ora in poi scenario with measure,

WM), e uno scenario con politiche e misure che consente il conseguimento degli obiettivi che la Strategia Energetica Nazionale (SEN) si è posta in termini di efficienza energetica, emissioni di gas serra e fonti rinnovabili (d'ora in poi scenario with additional measure, WAM). Come accennato nel paragrafo 2.2, a causa delle differenti tempistiche gli scenari utilizzati in questa sede sono stati prodotti prima di quelli del Piano energia clima, pertanto non tengono conto degli aggiornamenti più recenti sui dati a consuntivo, né dei nuovi obiettivi da tale piano stabiliti.

Lo scenario WM è stato costruito sulla scorta dei lavori svolti dal Tavolo Tecnico istituito su iniziativa della Presidenza del Consiglio dei Ministri nel 2016. Poiché nel corso del 2016 la Commissione europea, attraverso il modello PRIMES, ha elaborato uno scenario di riferimento per l'Unione e per tutti gli Stati Membri (EUref2016), si è ritenuto opportuno realizzare lo scenario base utilizzando le stesse ipotesi ma, allo stesso tempo, caratterizzando il sistema energetico secondo le specificità nazionali. In particolare, i parametri dello scenario EUref2016 adottati per l'Italia sono stati: i tassi di crescita del PIL e del valore aggiunto settoriale, l'evoluzione della popolazione, i prezzi delle materie prime energetiche (petrolio, gas, carbone) scambiate internazionalmente, l'evoluzione dei gradi-giorno, l'import-netto di elettricità e il prezzo delle quote di anidride carbonica (CO₂) nel mercato ETS.

Tale scenario è stato, altresì, comunicato all'Agenzia Europea per l'ambiente ai sensi del citato Regolamento (UE) n. 525/2013 nell'aprile 2017 e costituisce il riferimento principale dei capitoli 4 e 5 della VII Comunicazione Nazionale sui cambiamenti climatici trasmessa dal Ministero dell'ambiente alle Nazioni Unite nel dicembre 2017. Una descrizione più dettagliata dello stesso può essere reperita nella pubblicazione "Decarbonizzazione dell'economia italiana" (pubblicata come RSE Colloquia IV volume 2017).

Lo scenario WAM, ossia lo scenario con le politiche e misure aggiuntive rispetto a quello WM, è stato elaborato sulla base della SEN e permette di rispettare gli obiettivi in materia di fonti rinnovabili, efficienza energetica ed emissioni di gas serra al 2020, nonché una serie di ulteriori traguardi posti dalla strategia stessa al 2030. La SEN, infatti, si è posta una serie di obiettivi prima che il processo di definizione delle politiche comunitarie in ambito energia e clima fosse arrivato al termine. Per una descrizione dettagliata di tali obiettivi si rimanda al testo della strategia stessa, qui giova ricordare in particolare solo alcuni aspetti quali la dismissione delle centrali termoelettriche alimentate a carbone entro il 2025, il raggiungimento di una quota pari al 55% di fonti rinnovabili nella produzione di energia elettrica, la diffusione di circa 5 milioni di auto elettriche, la forte metanizzazione del trasporto merci sia su strada che navale, la riduzione delle emissioni di gas serra nel settore non ETS del 33% rispetto ai livelli del 2005.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, la SEN delinea una serie di strategie che, in aggiunta a quelle già vigenti, vanno a definire il sistema energetico nazionale, ovvero i consumi dei principali vettori energetici e le relative tecnologie di utilizzo.

Anche per lo scenario WAM sono state utilizzate le stesse ipotesi dello scenario di riferimento europeo per i tassi di crescita del PIL e del valore aggiunto settoriale, l'evoluzione della

popolazione al 2030, i prezzi delle materie prime energetiche (petrolio, gas, carbone) scambiate internazionalmente, l'evoluzione dei gradi-giorno, l'import-netto di elettricità e il prezzo delle quote di CO₂ nel mercato ETS.

Lo scenario WAM, quindi, coniuga l'evoluzione economica e demografica, lo sviluppo delle tecnologie e dei processi e l'andamento dei consumi con il raggiungimento degli obiettivi posti dalla SEN. Le politiche che lo determinano sono descritte nel capitolo 8. Si fa presente che tali politiche hanno costituito in parte l'oggetto delle comunicazioni effettuate per rispondere agli obblighi comunitari e internazionali in materia di cambiamenti climatici, nonché dell'allegato 4 del DEF, ma ne differiscono in parte poiché sono state via via delineate secondo tempi non compatibili con le scadenze del reporting.

I consumi energetici utili come dati di input per la produzione degli scenari emissivi con il modello GAINS-Italia sono stati aggregati seguendo la metodologia di tale modello che differisce sotto vari aspetti da quella EUROSTAT, da quella utilizzata dal Bilancio Energetico Nazionale (BEN) e da quella utilizzata per il reporting degli inventari di emissione. Per tale motivo potrebbero apparire delle differenze qualora si procedesse ad un confronto diretto. Tale differenza richiede nella fase di preparazione degli scenari un approfondito lavoro di armonizzazione volto a garantire la coerenza tra tutte le informazioni utilizzate e a riprodurre il più fedelmente possibile i dati di attività ed emissivi ufficiali.

4.2 Scenari emissivi

Gli scenari emissivi nazionali sono stati prodotti da ENEA utilizzando il sistema modellistico MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale sui temi dell'inquinamento atmosferico), una suite modellistica sviluppata, per conto del Ministero dell'Ambiente, da ENEA in collaborazione con ARIANET s.r.l. e IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) costituito da due componenti principali:

- il Sistema Modellistico Atmosferico (SMA), che produce campi tridimensionali orari di variabili meteorologiche e di concentrazione dei principali inquinanti (SO₂, NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2,5}, NH₃, etc.) su tutto il territorio italiano con risoluzione spaziale fino a 4 km;
- il modello GAINS-Italia per l'elaborazione e valutazione di scenari futuri e alternativi, in termini di politiche di controllo delle emissioni, allineato con l'omonimo modello europeo sviluppato dallo IIASA che ha collaborato alla realizzazione della versione italiana.

L'elaborazione degli scenari emissivi utili alla predisposizione del programma nazionale di riduzione dell'inquinamento atmosferico è stata messa a punto con il modulo GAINS-Italia.

Per la produzione di mappe nazionali di concentrazione e di effetti, GAINS-Italia utilizza Matrici di Trasferimento Atmosferico (MTA) che contengono un legame sorgente-ricettore di tipo lineare in grado di calcolare, al variare delle emissioni su base regionale, mappe di deposizione/concentrazione e di impatto con risoluzione spaziale di 20 km. Le matrici di trasferimento del modello GAINS-Italia vengono calcolate con il sistema SMA sulla base di ripetuti test di sensibilità alla variazione delle emissioni. Tuttavia, in contesti dove la

linearizzazione dei processi può introdurre livelli di accuratezza non accettabili o laddove diventi necessaria una risoluzione spaziale maggiore per la lettura degli effetti, è prassi nelle applicazioni del modello MINNI di rientrare nel sistema SMA con il software RAIL (GAINS – Atmospheric Inventory Link), sviluppato dalla società ARIANET, che insieme alle MTA chiude la piena circolarità delle connessioni tra le diverse componenti di MINNI.

RAIL è attualmente implementato sotto Oracle RDBMS e permette l'import-export dei dati attraverso un'interfaccia accessibile da web browser. RAIL importa uno scenario emissivo nel formato prodotto da GAINS con dettaglio regionale, cioè un insieme di file (uno per inquinante) che contengono il dettaglio delle emissioni per settori ed attività per ogni Regione, per un dato scenario ed anno di riferimento. Attraverso una tabella di corrispondenza tra categorie ed attività di GAINS e classi SNAP e combustibili dell'inventario nazionale delle emissioni, lo scenario regionale viene tradotto in classificazione SNAP adatta all'Emission Manager di MINNI.

Lo sviluppo di uno scenario emissivo, elaborato con il modello GAINS-Italia, richiede preliminarmente la quantificazione delle attività antropogeniche e la definizione di una strategia di controllo ad intervalli quinquennali per il periodo temporale 1990-2050. Per quanto riguarda le attività antropogeniche è necessario definire uno scenario energetico per stimare le emissioni provenienti dalle sorgenti energetiche, ed uno scenario relativo alle attività produttive, industriali e non, per stimare le emissioni provenienti dai processi produttivi (numero di capi allevati, quantità di fertilizzanti, quantità di vernici, quantità di solventi, produzione di cemento, acciaio, ecc.). La strategia di controllo rappresenta l'insieme delle misure tecnologiche che si prevede saranno introdotte entro l'orizzonte temporale di riferimento sulla base dell'applicazione della legislazione nazionale e comunitaria vigente, e si esprime in termini di percentuale di applicazione per settore, combustibile e tecnologia.

Lo scenario energetico, predisposto nel formato utile al caricamento sul modello GAINS-Italia, è stato elaborato con il modello TIMES-Italia messo a punto da ISPRA. ISPRA ha fornito ad ENEA due scenari energetici:

- lo scenario energetico 'base', definito WM ('With Measures') derivante dalle elaborazioni del tavolo di lavoro istituito presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri;
- lo scenario energetico con misure aggiuntive, definito WAM ('With Additional Measures'), elaborato per l'aggiornamento della nuova Strategia Energetica Nazionale (SEN, 2017).

L'elaborazione di uno scenario emissivo richiede, inoltre, la preparazione di scenari di variabili non energetiche, come per esempio dati del settore agricolo, produzioni industriali, uso solventi, per i quali sono state utilizzate le informazioni disponibili dagli studi di settore o dalle associazioni di categoria, l'andamento della popolazione elaborato da ISTAT, del PIL o del valore aggiunto derivante dallo scenario energetico. In particolare, per gli allevamenti è stato utilizzato un modello statistico che correla il numero di capi animali ad alcune variabili indipendenti (come, ad esempio, il consumo o la produzione di carne). Per la definizione della

strategia di controllo sono state considerate tutte le misure che si prevede saranno introdotte entro l'orizzonte temporale di riferimento sulla base dell'applicazione della legislazione nazionale e comunitaria vigente. Per quanto riguarda il settore trasporti, la strategia di controllo non rappresenta la distribuzione del parco in funzione del numero di veicoli, ma la potenzialità di diffusione dei nuovi veicoli nell'ipotesi che un nuovo veicolo abbia una percorrenza media annua più alta di un veicolo vecchio. Le principali direttive considerate riguardano per esempio il tenore di zolfo dei combustibili, gli standard Euro per il settore trasporti, i limiti alle emissioni industriali degli impianti, i limiti al contenuto di solventi nelle vernici, i limiti previsti per gli allevamenti suinicoli e avicoli e così via.

Con l'introduzione dei dati energetici nazionali e regionali nel modello GAINS-Italia, nonché di ulteriori dati di attività, si procede alla calibrazione degli scenari emissivi all'anno di riferimento che, per questo studio sono rappresentati dal 2005 e dal 2010 in quanto l'annualità 2015, al momento dell'elaborazione del primo scenario WM, non era ancora disponibile.

La calibrazione viene attuata attraverso procedure successive di armonizzazione sia con l'inventario nazionale che con gli inventari regionali via via resi disponibili dalle Regioni sullo stesso anno.

Una volta definito lo scenario di input ed elaborato con il modello GAINS-Italia lo scenario emissivo, risulta di particolare importanza verificare l'affidabilità delle emissioni calcolate dal modello attraverso una procedura di confronto tra i dati storici delle emissioni per un determinato anno e il dato emissivo calcolato dal modello per lo stesso anno. Il processo di armonizzazione è quindi un passaggio fondamentale per la validazione del modello e per garantire la robustezza delle proiezioni. L'anno o gli anni scelti per la taratura delle emissioni del modello vengono definiti anni base. Essendo il modello GAINS-Italia definito ad intervalli temporali quinquennali a partire dal 1990, gli anni di armonizzazione utilizzati nel presente lavoro sono stati, come detto, gli anni 2005 e 2010.

Le figure seguenti mostrano un buon accordo tra la stima delle emissioni del modello GAINS-Italia e l'inventario nazionale delle emissioni prodotto ISPRA per tutti gli inquinanti, per tutti i settori SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) e per entrambe le versioni dell'inventario nazionale, elaborate nel 2017 e 2018. L'aggiornamento della serie storica per gli NO_x e i COVNM nel 2018 mostra un incremento nelle emissioni dal macrosettore Agricoltura, che il modello GAINS-Italia non stima. Le emissioni di NO_x e NMVOC provenienti da tale macrosettore, specificamente le categorie 3B (gestione del letame) e 3D (suoli agricoli) della nomenclatura NFR 2014 (Nomenclature For Reporting) sono state inserite per la prima volta nella nell'inventario nazionale delle emissioni nel 2018, ma, ai fini del rispetto degli impegni di riduzione delle emissioni, come stabilito dalla Direttiva NEC (art. 4, comma 3, punto d) e recepito nel D.Lgs. 81/2018 (art. 3, comma 3) tali emissioni non devono essere contabilizzate.

In particolare, si osserva che per gli SO₂ il macrosettore delle centrali elettriche e di cogenerazione rappresenta la principale sorgente di emissione al 2005 seguita dal settore

industriale, relazione che si inverte al 2010, cui fa seguito, per entrambi gli anni, il macrosettore del trasporto fuori strada, ed in particolare, per gli SO₂, del settore marittimo. Il macrosettore dei trasporti su strada rimane, incontrastato, la principale sorgente emissiva per gli NO_x seguita dal trasporto fuori strada e dal settore industriale. Anche le emissioni di PM_{2,5} registrano il predominio di un unico settore, il settore civile, le cui emissioni aumentano dal 2005 al 2010 e si riduce, negli stessi anni, il contributo della sorgente traffico, sia stradale che fuori strada. Per quanto riguarda i COVNM, il settore emissivo principale è rappresentato dall'uso di solventi, seguito dal trasporto su strada e dal settore civile. Il macrosettore agricoltura rappresenta oltre il 90% delle emissioni di NH₃ per entrambi gli anni analizzati.

Gli andamenti osservati sono riportati piuttosto fedelmente nel modello GAINS-Italia, con differenze nelle emissioni totali, ritenute accettabili, di circa il 3,5% (2005) e 4,5% (2010) per gli SO₂ per entrambe le versioni ufficiali degli inventari; circa 1,2%/4,8% (rispettivamente versione del 2017 e del 2018 per il 2005) e 2,3%/0,3% (rispettivamente versione del 2017 e del 2018 per il 2010) per gli NO_x; circa 6,2%/1,5% (rispettivamente versione del 2017 e del 2018 per il 2005) e 4,0%/0,7% (rispettivamente versione del 2017 e del 2018 per il 2010) per il PM_{2,5}; circa 0,8%/8,6% (rispettivamente versione del 2017 e del 2018 per il 2005) e 0,1%/10,3% (rispettivamente versione del 2017 e del 2018 per il 2010) per i COVNM; circa 1,3%/0,6% (rispettivamente versione del 2017 e versione del 2018 per il 2005) e 0,5%/1,0% (rispettivamente V2017 e V2018 per il 2010) per NH₃.

Gli scenari di input necessari al calcolo degli scenari emissivi WM e WAM sono stati successivamente scalati a livello regionale mantenendo la strategia di controllo media nazionale per tutte le Regioni.

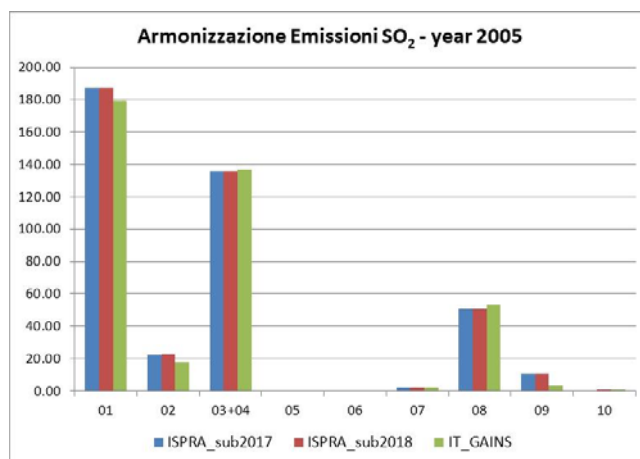


Figura 11 – Confronto emissioni SO₂ per macrosettore SNAP tra stima GAINS e Inventario nazionale delle emissioni, versione 2017 e 2018 per l'anno 2005.

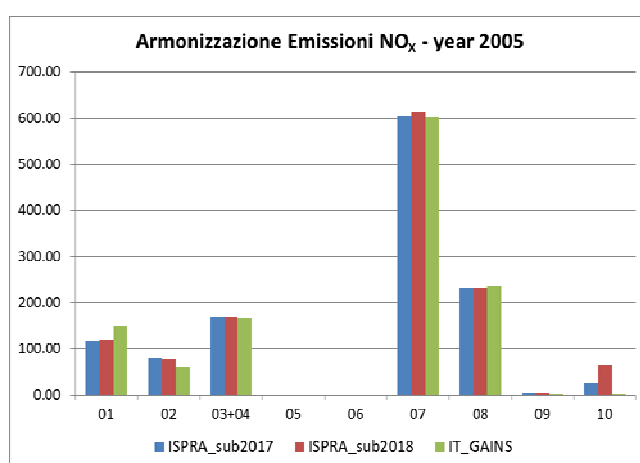


Figura 12 – Confronto emissioni NO_x per macrosettore SNAP tra stima GAINS e Inventario nazionale delle emissioni, versione 2017 e 2018 per l'anno 2005.

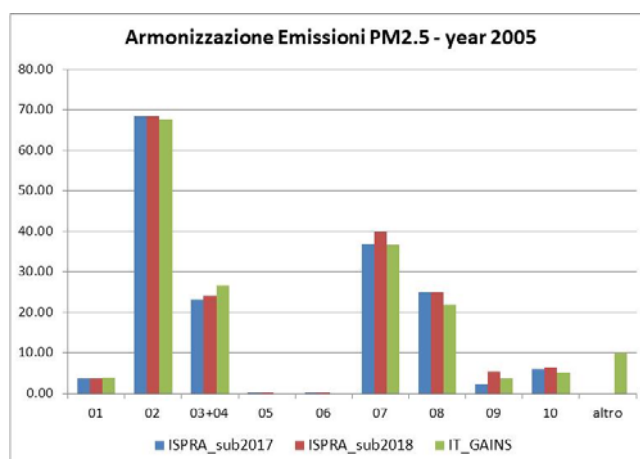


Figura 13 – Confronto emissioni PM_{2,5} per macrosettore SNAP tra stima GAINS e Inventario nazionale delle emissioni, versione 2017 e 2018 per l'anno 2005.

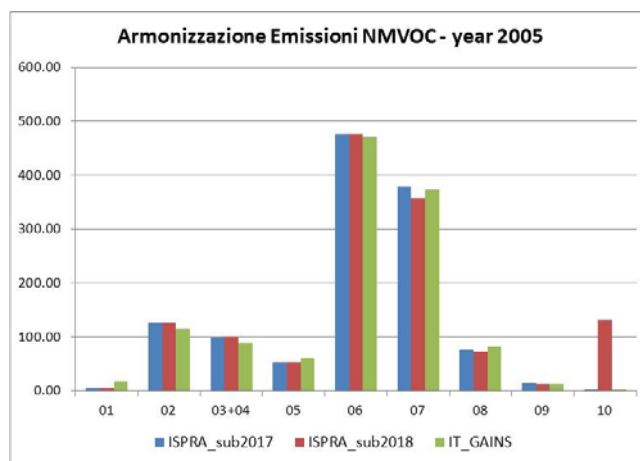


Figura 14 – Confronto emissioni COVNM per macrosettore SNAP tra stima GAINS e Inventario nazionale delle emissioni, versione 2017 e 2018 per l'anno 2005.

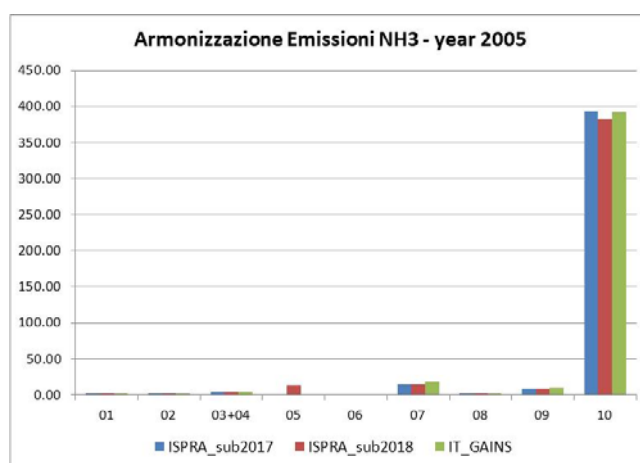


Figura 15 – Confronto emissioni NH₃ per macrosettore SNAP tra stima GAINS e Inventario nazionale delle emissioni, versione 2017 e 2018 per l'anno 2005.

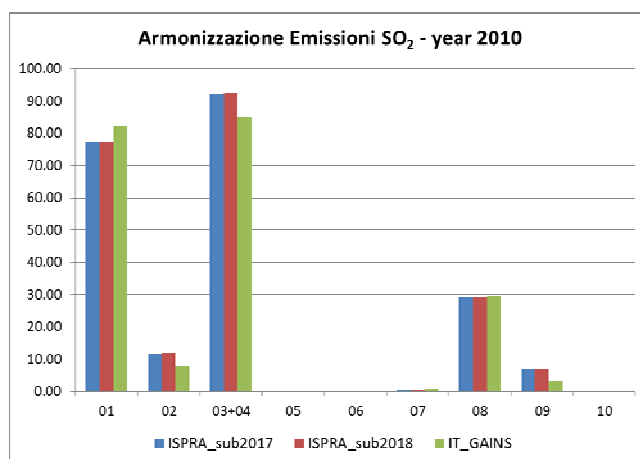


Figura 16 – Confronto emissioni SO₂ per macrosettore SNAP tra stima GAINS e Inventario nazionale delle emissioni, versione 2017 e 2018 per l'anno 2010.

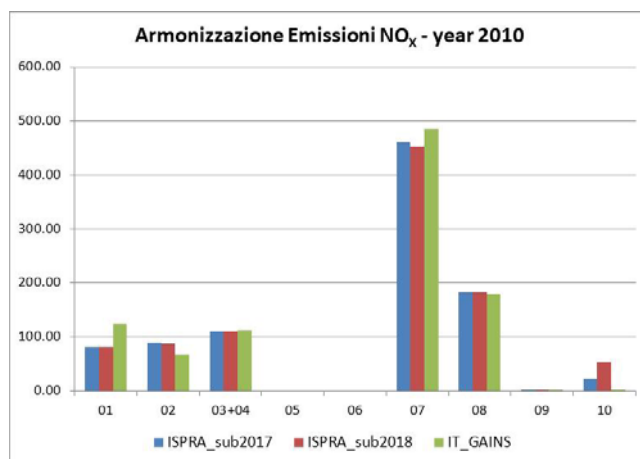


Figura 17 – Confronto emissioni NO_x per macrosettore SNAP tra stima GAINS e Inventario nazionale delle emissioni, versione 2017 e 2018 per l'anno 2010.

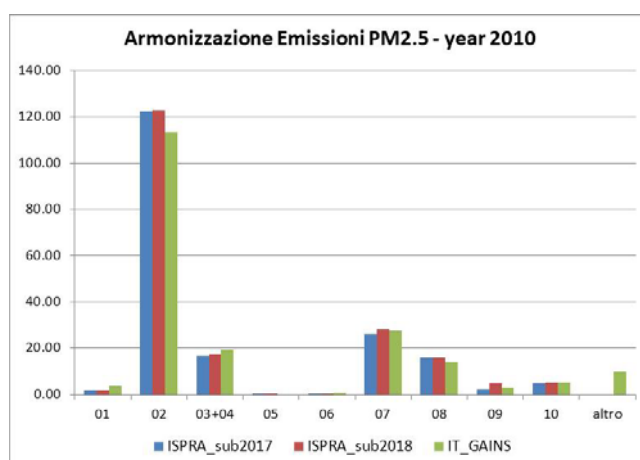


Figura 18 – Confronto emissioni PM_{2,5} per macrosettore SNAP tra stima GAINS e Inventario nazionale delle emissioni, versione 2017 e 2018 per l'anno 2010.

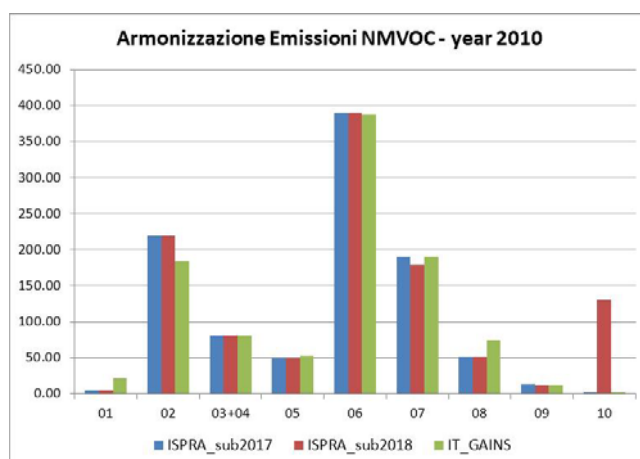


Figura 19 – Confronto emissioni COVNM per macrosettore SNAP tra stima GAINS e Inventario nazionale delle emissioni, versione 2017 e 2018 anno 2010.

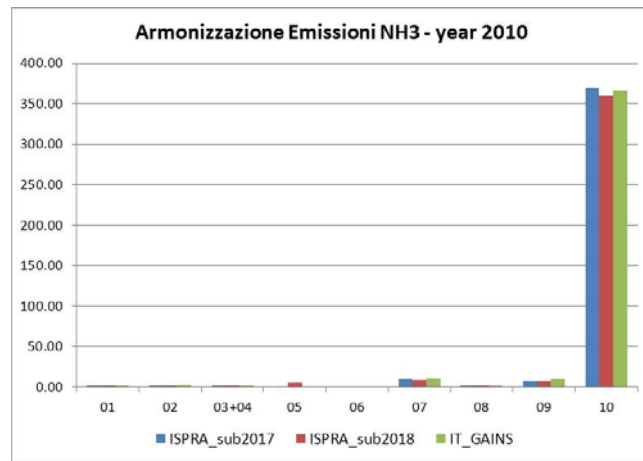


Figura 20 – Confronto emissioni NH₃ per macrosettore SNAP tra stima GAINS e Inventario nazionale delle emissioni, versione 2017 e 2018 per l'anno 2010.

4.3 Scenari di qualità dell'aria

L'elaborazione degli scenari di Qualità dell'Aria utili alla predisposizione del programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico è stata messa a punto con il Sistema Modellistico Atmosferico (SMA) dell'ENEA appartenente alla catena MINNI (Modello Integrato Nazionale a supporto della Negoziazione Internazionale sui temi dell'Inquinamento Atmosferico – www.minni.org), sviluppata a partire dai primi anni 2000 come strumento di supporto alla definizione e all'analisi di politiche di riduzione delle emissioni.

Il SMA (Figura 21) è una suite modellistica complessa e pienamente integrata, il cui cuore è FARM (Flexible Atmospheric Regional Model, Arianet s.r.l.), un modello Euleriano tridimensionale agli elementi finiti, con chiusura della turbolenza al 1° ordine, che tratta il trasporto, l'evoluzione chimica e la deposizione degli inquinanti atmosferici e calcola le concentrazioni in aria e le deposizioni al suolo di inquinanti gassosi e di particelle di aerosol.

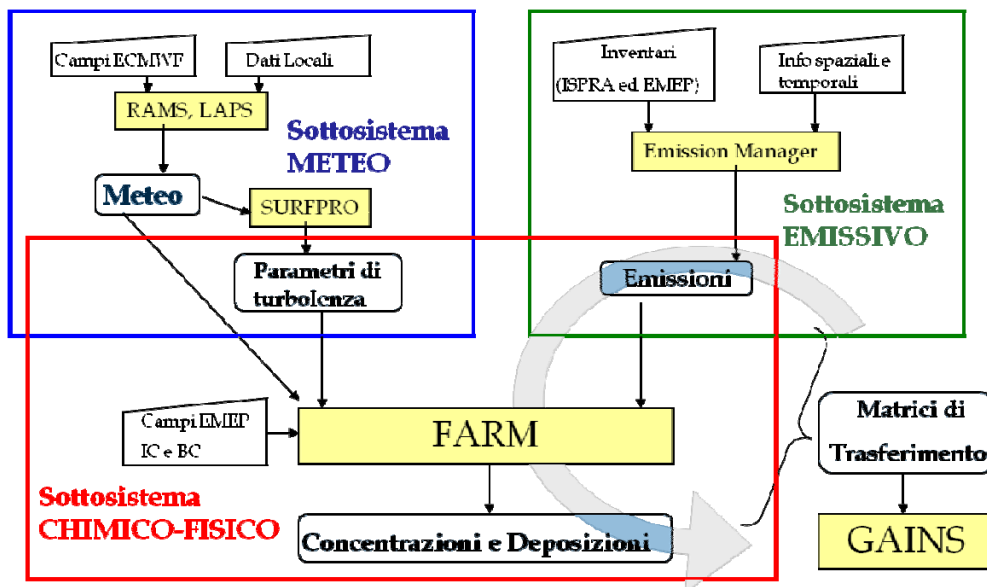


Figura 21 – Il Sistema Modellistico Atmosferico (SMA)

Il valore aggiunto di un modello euleriano di chimica e trasporto (CTM), quale FARM, è quello di caratterizzare le interazioni complesse tra singole sorgenti emissive e concentrazioni di inquinanti anche secondari, derivanti cioè da interazioni chimiche in atmosfera e non solo da processi di trasporto e diffusione. E' così possibile conoscere anche la composizione chimica del particolato primario e secondario che tanta influenza ha sull'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico.

L'input meteorologico per FARM viene solitamente preparato con il modello prognostico non-idrostatico RAMS (Regional Atmospheric Modeling System, Colorado University), basato su un sistema di coordinate verticali *terrain following*, che utilizza in input le condizioni al contorno e i dati sinottici e di superficie forniti da ECMWF (European Centre For Medium-Range Weather Forecast) e produce in output campi meteorologici vettoriali e scalari a cadenza oraria (vento, temperatura, copertura nuvolosa, umidità, precipitazioni, radiazione totale e netta). Il sottosistema meteorologico è completato da SURFPRO, un modulo diagnostico che, a partire dai campi meteorologici, dall'orografia e da informazioni sull'uso del suolo, consente il calcolo dei parametri di scala dello strato limite planetario (PBL), delle diffusività turbolente orizzontali e verticali e delle velocità di deposizione delle diverse specie chimiche.

Il sottosistema emissivo prevede l'utilizzo di un pre-processore, Emission Manager che, a partire dall'inventario nazionale annuale, disaggregato a livello provinciale, consente la preparazione dell'input emissivo per FARM: campi orari, disaggregati sulla griglia di calcolo, con la speciazione richiesta dal meccanismo chimico in uso.

Il SMA è aggiornato allo stato dell'arte ed ha partecipato ad esercizi di intercomparison europeo tra cui, da poco concluso, EURODELTA III mirato alla valutazione delle performance di modelli di chimica e trasporto nell'ambito di azioni della Task Force Measurements and Modelling (TFMM) della Convenzione UNECE CLRTAP.

La Tabella 6 riassume i principali moduli usati da FARM.

MODULI MODELLO FARM	
Schema avvertivo	Blackman cubic polynomials (Yamartino,1993)
Chimica in fase gassosa	SAPRC-99 (Carter, 2000)
Modello di aerosol	A tre mode, AERO3 (Binkowski e Roselle, 2003): Aitken (I), accumulation (J), coarse
Chimica in-cloud	Seinfeld e Pandis (1998)
Gas-particle transfer	ISORROPIA (v1.7, Nenes et al., 1998)
Formazione aerosol secondari organici	SORGAM (Schell et al., 2001)
Deposizione secca	Modello a resistenze (Wesely, 1989)
Deposizione umida	Differenziata tra in-cloud e sub-cloud (EMEP, 2003)

Tabella 6 - Specifiche del modello FARM

4.3.1 La configurazione delle simulazioni

Per le simulazioni del programma nazionale di controllo, FARM è stato girato alla risoluzione orizzontale di 4 km, con 16 livelli verticali (*terrain-following*), distribuiti quasi logaritmicamente fino a 10.000 m di quota. L'ampiezza della cella più vicina al suolo è di 40 m.

La simulazione è stata innestata su un dominio master a risoluzione 20 km a partire dal quale sono stati prodotti campi a 4 km sul territorio nazionale in 5 sottodomini (Figura 2): Nord Italia (NI), Centro Italia (CI), Sud Italia (SI), Sicilia (SC) e Sardegna (SA).

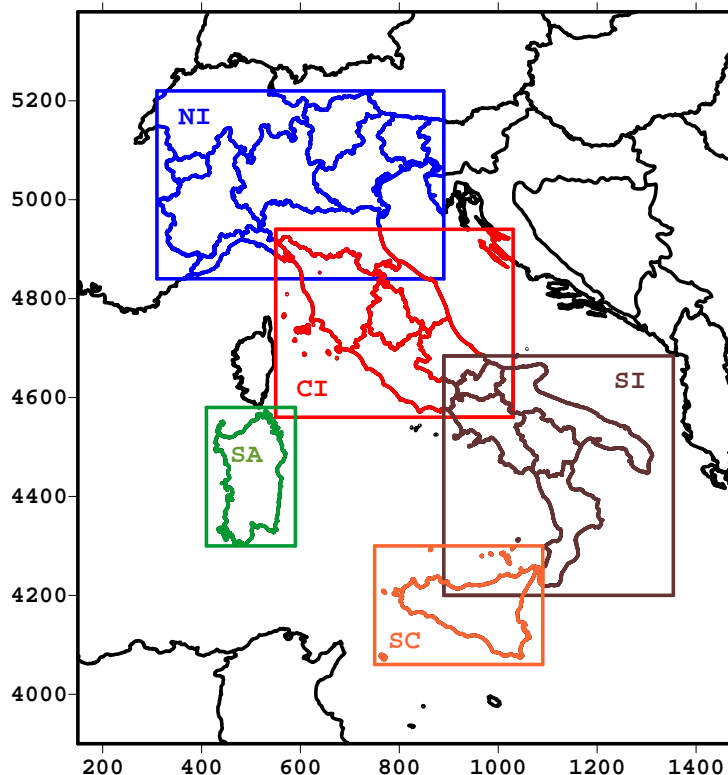
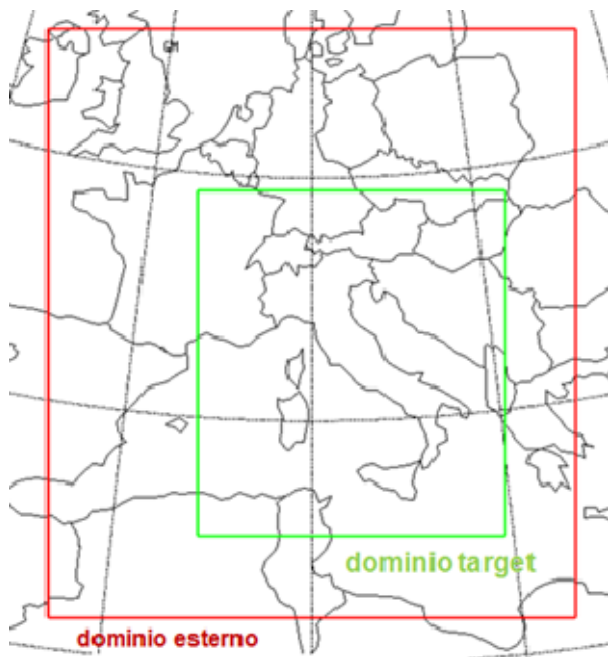


Figura 22 - Domini innestati per le simulazioni a 4 km di risoluzione sul dominio nazionale

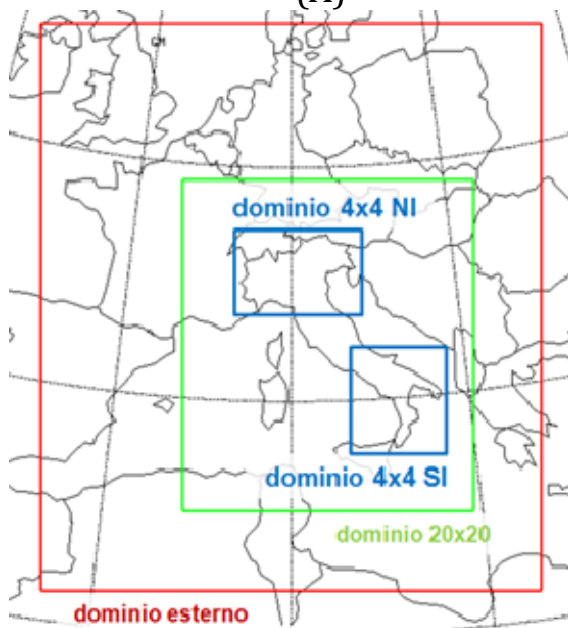
Come anno di riferimento per la valutazione del miglioramento della qualità dell'aria, conseguito con l'applicazione delle politiche di qualità dell'aria vigenti, è stata scelta il 2010, in quanto ultimo anno simulato e validato a scala nazionale e per il quale cominciava ad essere disponibile un numero di stazioni di monitoraggio adeguato per la validazione (anche per il PM_{2,5}). Ciò nonostante, la simulazione 2010 è stata effettuata nuovamente per tenere conto della revisione della serie storia delle emissioni effettuata da ISPRA nelle successive trasmissioni degli inventari 2017 e 2018 e di importanti differenze nella spazializzazione delle emissioni derivanti dalla combustione della biomassa per usi civili. Le performance di tale "nuova" annualità 2010 nel confronto con i dati osservati non evidenziano, in generale, variazioni significative dei valori degli indicatori statistici utilizzati nella precedente validazione alla quale pertanto si rimanda per approfondimenti (Rapporto Tecnico, ENEA-RT-2016-12).

4.3.2 Input meteorologico

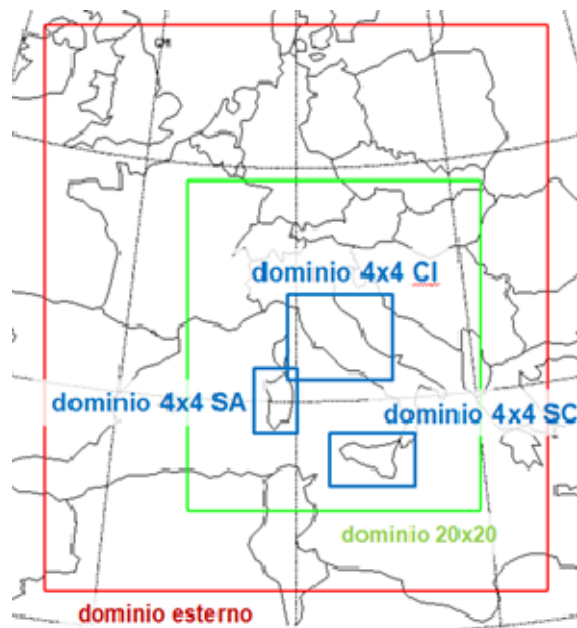
I campi meteorologici utilizzati come input per FARM, per l'anno 2010, sono stati calcolati con il modello RAMS a 20 km di risoluzione innestando il dominio nazionale in un dominio esterno comprendente gran parte dell'Europa Centrale e del Mar Mediterraneo (*Figura 23, A*). I campi meteorologici a 4 km di risoluzione sulle 5 macro-regioni sono stati calcolati attraverso due simulazioni: in un caso nel dominio nazionale sono state innestate le due macro-regioni del Nord e del Sud Italia (*Figura 23, B*) e nell'altro le tre macro-regioni del Centro Italia e delle isole (*Figura 23, C*). Pertanto le due simulazioni ad alta risoluzione sono state realizzate, utilizzando rispettivamente 4 e 5 domini innestati. In tutti i casi si è lavorato in modalità *two-way nesting*. Le griglie verticali utilizzate presentano 33 livelli sigma che vanno dal suolo alla bassa stratosfera (circa 20 km).



(A)



(B)



(C)

Figura 23 - Domini di calcolo usati per le simulazioni a 20 km di risoluzione (A) e a 4 km di risoluzione (B e C).

Le condizioni iniziali e al contorno, così come la temperatura superficiale del mare, sono state ottenute a partire dai campi di analisi meteorologica dell'ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecast), disponibili a intervalli di 6 ore.

Le simulazioni di RAMS sono state effettuate in modalità di *nudging*, ossia assimilando durante la simulazione i dati misurati, attraverso l'aggiunta di un termine forzante alle equazioni della dinamica. Per l'assimilazione si sono utilizzate le osservazioni della rete WMO

(World Meteorological Organization) di tipo SYNOP e METAR (osservazioni superficiali) disponibili attraverso gli archivi ECMWF (Figura 24). La forzante introdotta mediante il *nudging* permette di tenere i campi simulati più vicino alle osservazioni. Per limitare ulteriormente la possibile crescita di errori, la simulazione annuale è stata realizzata re-inizializzando il modello ogni 10 giorni, tenendo conto ogni volta di un periodo di *spin-up* di 12 ore.

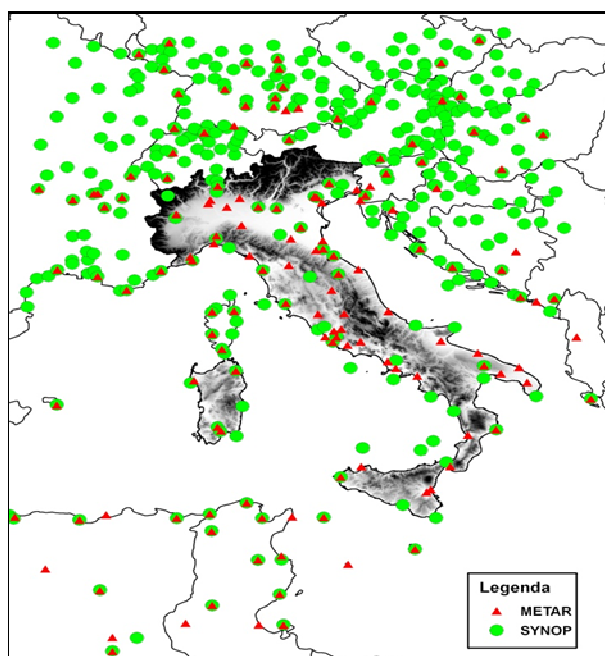


Figura 24 - Stazioni della rete WMO utilizzate per l'assimilazione.

Le principali caratteristiche della configurazione modellistica utilizzata sono sintetizzate in Tabella 7.

Inizializzazione	Analisi ECMWF, osservazioni SYNOP/ METAR
Schema Radiativo	Chen and Cotton (1983)
Parametrizzazione della Convezione	Schema di Kuo modificato (Tremback,1990)
Modello di Suolo	LEAF-2, Land Ecosystem–Atmosphere Feedback model (Walko et al, 2000)
Turbolenza	Mellor & Yamada livello 2.5 (Mellor and Yamada,1982)
Microfisica	Walko et al ,1995
4DDA:	Nudging su re-analisi pre-processate
Archiviazione dell'output	Campi archiviati su base oraria

Tabella 7 - Principali caratteristiche della configurazione modellistica.

Tra i dati forniti in uscita con risoluzione temporale oraria vi sono, in particolare, temperatura, velocità del vento e umidità relativa. Tali variabili, principali protagonisti dei processi chimici e fisici che avvengono in atmosfera e che determinano i livelli di

concentrazioni degli inquinanti, sono state oggetto di validazione, tramite confronto con i dati osservati (cfr. Appendice Rapporto Tecnico, ENEA-RT-2016-12).

4.3.3 Input micrometeorologico

I campi di turbolenza, i parametri di scala e le altezze di mescolamento sono forniti come input, off-line, tramite il post-processore meteorologico SURface-atmosphere interface PROcessor (SURFPRO, Arianet, 2011).

SURFPRO è in grado di calcolare anche le emissioni di natura biogenica (sale marino, composti organici volatili, erosione e risospensione eolica) e le emissioni di metalli pesanti (arsenico, cadmio, nichel, piombo, cromo, rame, zinco) e mercurio dal suolo e dal mare.

La Tabella 8 riassume i principali moduli usati in SURFPRO per lo studio.

Database uso del suolo	CORINE Land Cover 2006, basato su 22 classi
Diffusività verticale	Lange (1989)
Diffusività orizzontale	Smagorinsky (1963) corretto mediante formulazione diagnostica basata sulla classe di stabilità.
Altezza del PBL	Di giorno: Gryning & Batchvarova (1996). Di notte: Zilitinkevich & Baklanov (2002). Sul mare: Richardson Bulk Number (Sorensen, 1998)
Parametri di scala	Basato sulla teoria di Monin-Obukhov
Bilancio di radiazione	Van Ulden A.P. and Holtslag A.A.M. (1985)
Modello emissioni COV biogenici	MEGAN V2.04 (Guenther et al., 2006)
Emissioni di sale marino	Zhang et al. (2005)
Dust da erosione/risospensione eolica	Vautard et al. (2005)
Metalli pesanti dai suoli (< 2.5 µm)	Basato sui "topsoil samples" (http://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas)

Tabella 8 - Specifiche del modello SURFPRO.

4.3.4 Input emissivo

Nel Sistema Modellistico Atmosferico il trattamento delle emissioni antropiche è effettuato dall'Emission Manager (Arianet, 2014), un pre-processore che, a partire da dati di inventario annuali, disaggregati su base amministrativa, consente la preparazione dell'input emissivo per FARM: campi orari, disaggregati sulla griglia di calcolo, con la speciazione chimica e la classificazione granulometrica richieste dal meccanismo chimico in uso.

In particolare, l'Emission Manager utilizza in input le seguenti informazioni:

- inventario delle emissioni: un catalogo di sorgenti emissive, organizzato per inquinante, categoria emissiva, riferimento amministrativo (es., provincia) o anagrafico (es., nome impianto);

- cartografia: layer geografici (utilizzo del suolo, confini amministrativi, geometria delle sorgenti) per la georeferenziazione dell'inventario emissivo;
- orografia: modello digitale del terreno per la spazializzazione tridimensionale sul grigliato di calcolo delle concentrazioni;
- modulazione temporale: profili relativi a ciascuna attività emissiva, per la distribuzione dell'emissione annuale in mesi, giorni della settimana e ore del giorno;
- speciazione chimica e granulometrica: profili relativi a ciascuna attività emissiva e alle specie inquinanti aggregate, per l'input al modello atmosferico secondo la classificazione chimica e granulometrica richiesta.

E' possibile trattare a parte le sorgenti puntuali per tenere conto degli effetti causati dall'innalzamento termico del pennacchio (*plume rise*).

In Figura 25 è presentato il flusso di calcolo dell'Emission Manager, con specifico riferimento agli input del SMA di MINNI sul dominio nazionale per le emissioni dell'anno base (2010).

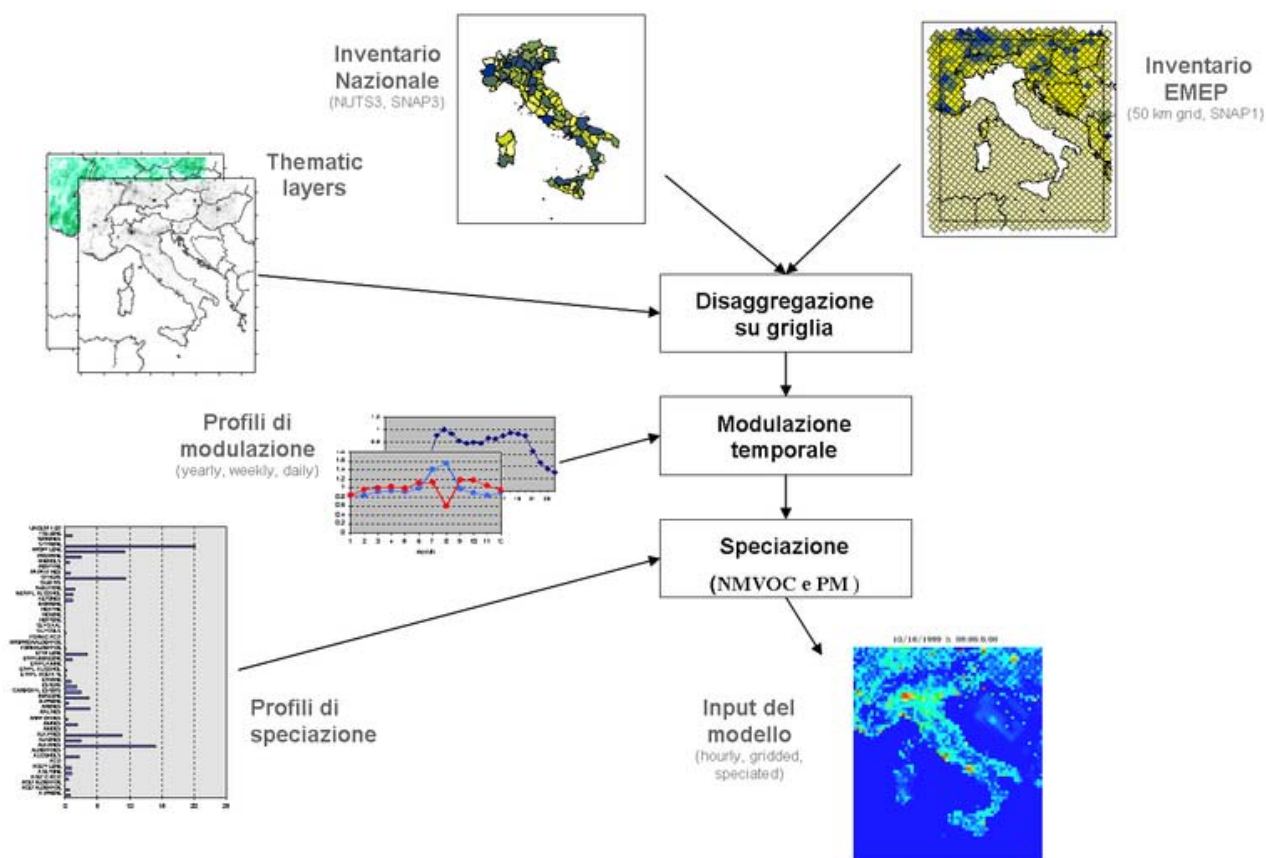


Figura 25 - Schema del trattamento modellistico delle emissioni.

Sul dominio di calcolo esterno ai confini nazionali, in input all'Emission Manager vengono utilizzati i dati dell'Inventario EMEP, compilati dal CEIP (EMEP Centre on Emission Inventories and Projections) con i dati forniti dagli Stati membri della Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza (UNECE-CLRTAP).

L'input emissivo per le simulazioni di FARM viene preparato secondo il meccanismo fotochimico SAPRC99 ed il modello di aerosol AERO3, integrati con l'approccio modellistico EMEP per i POP (Persistent Organic Pollutants).

Va, inoltre, precisato che le emissioni antropiche dell'Inventario nazionale delle emissioni, vengono integrate nelle simulazioni ENEA stimando i contributi della risospensione di polveri indotta dal traffico veicolare (con algoritmo EPA AP-42).

Alle emissioni antropiche vengono aggiunte le emissioni di aerosol e di composti organici volatili di origine naturale che sono calcolate, come già detto, dal programma SURFPRO utilizzando i dati meteorologici forniti da RAMS e i dati di copertura del territorio del progetto CORINE Land Cover, nella versione 2006.

In queste nuove simulazioni dell'anno base 2010, particolare attenzione è stata rivolta alla disaggregazione spaziale delle emissioni del settore della combustione non industriale che contiene la nota problematica della combustione per riscaldamento domestico di biomasse legnose. E' stata seguita strettamente la distribuzione dell'Indagine ISTAT sui consumi energetici delle famiglie italiane del 2013 estraendo una proxy spaziale più sensibile del puro dato di popolazione (ISTAT, comunicazione riservata, 2018).

Per stimare l'effetto di uno scenario emissivo sulle concentrazioni di inquinanti è possibile mantenere l'elevato livello di dettaglio spaziale e la complessità delle interazioni chimiche in atmosfera utilizzando il SMA e "riportando" quindi in ingresso a FARM gli scenari emissivi regionali sviluppati con GAINS-Italia attraverso il software RAIL (GAINS - Atmospheric Inventory Link), che chiude la piena circolarità delle connessioni tra le diverse componenti di MINNI.

RAIL è attualmente implementato sotto Oracle RDBMS e permette l'import-export dei dati attraverso un'interfaccia accessibile da web browser (Arianet, 2008).

RAIL importa uno scenario emissivo nel formato prodotto da GAINS con dettaglio regionale, cioè un insieme di file (uno per inquinante) che contengono il dettaglio delle emissioni per settori ed attività per ogni Regione, per un dato scenario ed anno di riferimento (Figura 26). Attraverso una tabella di corrispondenza tra categorie ed attività di GAINS e classi SNAP e combustibili dell'inventario nazionale delle emissioni, lo scenario regionale viene tradotto in classificazione SNAP adatta all'Emission Manager di MINNI.

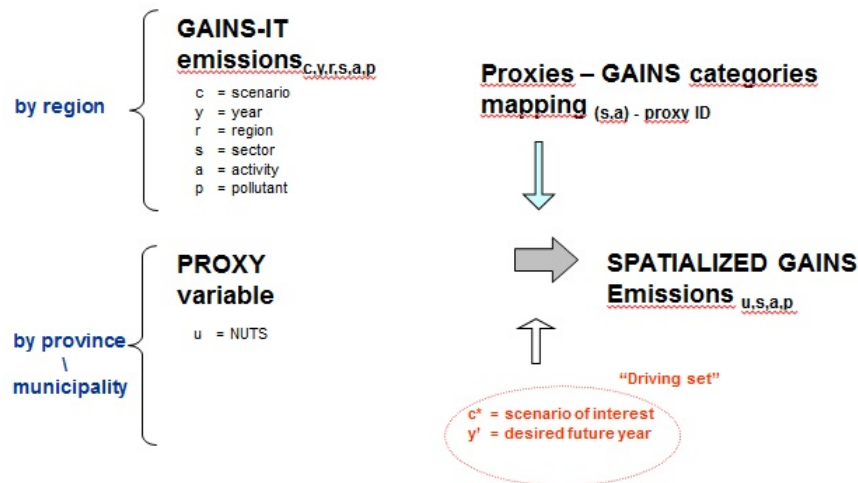


Figura 26 - Schema di funzionamento del software RAIL.

È necessario, a questo punto, effettuare due passaggi, al fine di stimare le emissioni ad un dettaglio sufficiente alla risoluzione spaziale adottata nel SMA:

- una scalatura delle emissioni regionali così prodotte sul livello provinciale su cui opera MINNI prima di effettuare i successivi processamenti spaziali, temporali e di speciazione del dato emissivo;
- una ripartizione delle emissioni GAINS provinciali in diffuse e puntuali, per le esigenze del modello di dispersione, con l'utilizzo della suddivisione adottata da ISPRA, necessaria poiché GAINS non ha emissioni puntuali.

Nel primo passaggio, sono state utilizzate proxy derivate dalla ripartizione fra province delle emissioni dell'inventario nazionale ISPRA (database aggiornato alla versione dell'inventario del 2013). Questa è la base emissiva utilizzata nella simulazione nazionale del SMA relativa all'anno 2010, alla cui documentazione si rimanda per la descrizione completa dei dati emissivi provinciali. Il dato emissivo regionale di fonte ISPRA viene elaborato con il calcolo di coefficienti C_{prov}^{att} di ripartizione relativa delle emissioni regionali E_{reg}^{att} nelle province corrispondenti, per ogni attività SNAP dell'inventario emissivo (*att*, livello di classificazione SNAP 3):

$$C_{prov}^{att} = \frac{E_{prov}^{att}}{E_{reg}^{att}}$$

dove $E_{reg}^{att} = \sum E_{prov}^{att}$

Questa ripartizione viene applicata alle emissioni regionali GAINS, utilizzando una tabella di corrispondenza fra schemi di classificazione SNAP e GAINS, ottenendo valori di emissioni provinciali in classi GAINS.

Nel secondo passaggio, è stato utilizzato l'input separato delle grandi sorgenti puntuali nazionali che ISPRA fornisce ad ENEA per le simulazioni nazionali con il modello MINNI negli

anni di riferimento (2010). Anche in questo caso, la ripartizione dell'emissione provinciale in quota diffusa e quota puntuale e la successiva ripartizione della quota provinciale puntuale in singoli punti di emissione, con relativi parametri geografici e funzionali, sono basate sull'Inventario nazionale delle emissioni, e tradotte in classificazione GAINS. Il risultato è un inventario di emissioni provinciali diffuse e di emissioni puntuali.

Le successive fasi di preparazione dell'input emissivo per FARM, ossia disaggregazione su griglia regolare e intervalli orari, speciazione chimica, classificazione granulometrica seguono la metodologia descritta in Ciancarella et al. (2016).

4.3.5 Condizioni iniziali ed al contorno per la simulazione di FARM

Le condizioni al contorno, relative agli inquinanti in fase gas ed aerosol, sono state acquisite presso EMEP-MSCW (Meteorological Synthesizing Centre-West of EMEP) sia per l'anno base che per gli anni di scenario. Queste ultime sono state prodotte nell'ambito del negoziato di revisione della Direttiva NEC ed utilizzate nello TSAP report #16 dello IIASA.

Le specie, disponibili con cadenza trioraria, sono poi state opportunamente grigliate sul dominio master relativo alla simulazione innestata, mappando le specie nelle categorie chimiche trattate dal modello chimico SAPRC-99 e nelle tre mode previste dal modello degli aerosol, AERO3. Le assegnazioni sono riportate di seguito. Riguardo agli acronimi SAPRC-99, si faccia riferimento al manuale del modello FARM (Arianet, 2016).

EMEP	Corrispondenza SAPRC-99/AERO3
O3	O3
NO	NO
NO2	NO2
PAN	PAN
MPAN	PAN2
NO3	NO3
N2O5	N2O5
ISONO3	ISPD
HNO3	HNO3
CH3COO2	CCO_O2
MACR	METH
ISNI	RNO3
ISNIR	RO2_R
GLYOX	GLY
MGLYOX	MGLY
MAL	DCB2
MEK	MEK
MVK	MVK
HCHO	HCHO
CH3CHO	CCHO
C2H6	ALK1

EMEP	Corrispondenza SAPRC-99/AERO3
NC4H10, C2H5OH	ALK3
C2H4	ETHE
C3H6	OLE1
OXYL	ARO2
CH3O2H	COOH
C2H5OH	R2O2
BURO2H, ETRO2H, PRRO2H, OXYO2H, MEKO2H, MALO2H, MVKO2H, MACROOH, ISRO2H, ISONO3H, ISNIRH	ROOH
MACO2H	RC2H
H2O2	HO2H
CH3COO2H	CO3H
CH3OH	MEOK
H2	H2
CO	CO
CH4	CH4
SO2	SO2
SO4	5% → ASO4I 95% → ASO4J
NO3_C	ACORS
NH3	NH3
NH4_F	5% → ANH4I 95% → ANH4J
NO3_F	5% → ANO3I 95% → ANO3J
SEASALT_C	ASEAS
SEASALT_F	ASEASJ
REMPPM25, FFIRE_REMPPM25	5% → A25I 95% → A25J
EC_F_FFUEL_AGE, EC_F_FFUEL_NEW, EC_F_WOOD_AGE, EC_F_WOOD_NEW	5% → AECI 95% → AECJ
	5% → AORPAI
POM_F_FFUEL, POM_F_WOOD	95% → AORPAJ

Tabella 9 – Corrispondenza EMEP - SAPRC-99/AERO3

5. Scenari energetici e dei livelli di attività

In questo capitolo sono descritte le caratteristiche principali degli scenari prodotti per la predisposizione del programma nazionale di controllo in termini di consumi energetici e livelli di attività, raggruppati per settore. I risultati si riferiscono ad entrambi gli scenari prodotti ossia WM (With Measures) e WAM (With Additional Measures).

5.1 Settore civile

Ai fini delle emissioni inquinanti hanno sicuramente un peso molto rilevante gli interventi sul settore del riscaldamento, principale responsabile delle emissioni di PM_{2,5} ma anche contributore molto importante alle emissioni di COVNM e NO_x. I consumi totali e il mix energetico destinati a questo scopo sono pertanto determinanti per la proiezione dei futuri livelli di emissione dei principali inquinanti. Nel grafico che segue sono riportati i consumi dei due combustibili più utilizzati per il riscaldamento (biomasse solide e metano) per il periodo 2015-2030 nei due scenari elaborati.

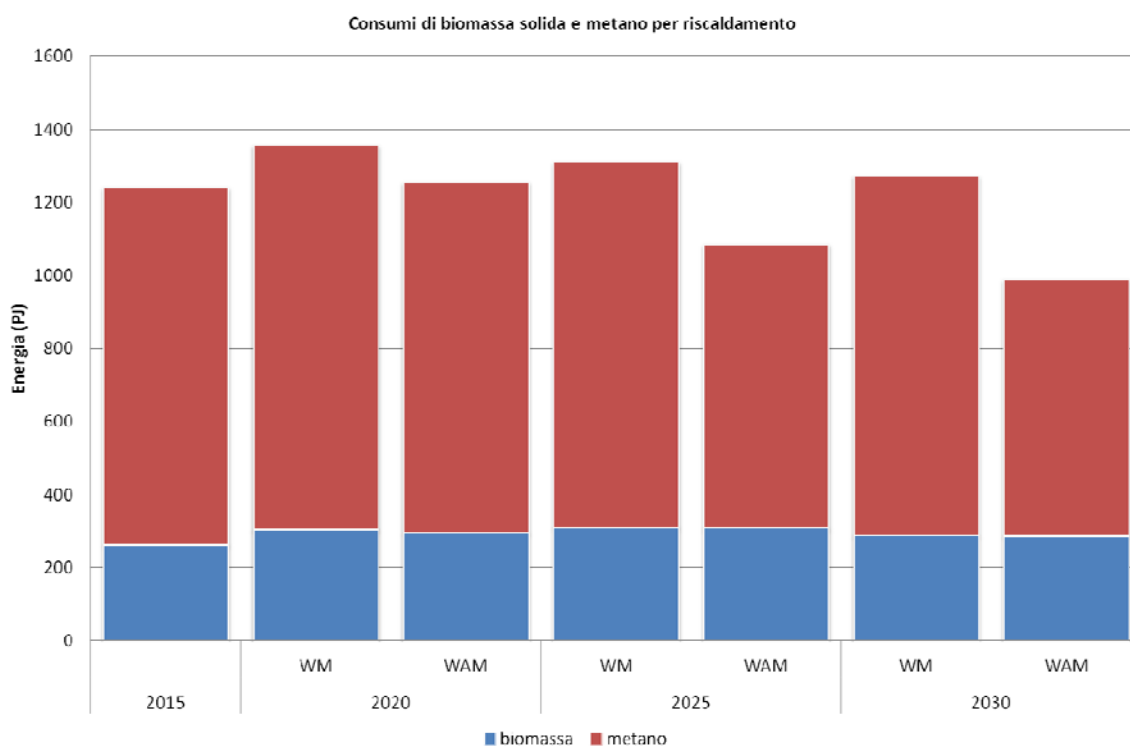


Figura 27 – Consumi di biomassa solida e metano per riscaldamento

Come si può vedere, la principale differenza tra i due scenari al 2030 consiste nella forte riduzione del consumo di metano nello scenario WAM, mentre il consumo di biomassa rimane sostanzialmente costante per tutto il periodo in entrambi gli scenari. Tale riduzione del consumo del metano è ottenuta ipotizzando un tasso di ristrutturazione degli edifici del settore civile pari a circa l'1% anno; tale tasso risulta essere circa due volte maggiore di quello storicamente osservato negli ultimi anni. Inoltre, circa il 5% delle ristrutturazioni ipotizzate per il periodo 2018-2030 dovrebbe essere costituito da ristrutturazione profonda o

riqualificazione globale, mentre secondo i dati disponibili nel rapporto annuale ENEA del 2018 sulle detrazioni fiscali del 65% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, sul totale degli interventi eseguiti per cui si richiede la detrazione fiscale nel quadriennio 2014-2017 gli interventi di riqualificazione globale sono stati pari solo all'1%.

È importante, inoltre, ricordare che il consumo di biomassa attuale fa del settore civile il principale responsabile delle emissioni di PM_{2,5}; appare pertanto necessario garantire l'attuazione delle politiche specificatamente dirette al rinnovo tecnologico degli apparecchi se si vuole ottenere una riduzione delle emissioni mantenendo costanti i consumi di biomassa.

5.2 Settore trasporti

Un altro settore particolarmente importante in termini di emissioni inquinanti è senza dubbio quello dei trasporti, sia passeggeri che merci, soprattutto su strada.

Gli andamenti economici degli anni più recenti hanno inciso in modo determinante su questo settore così come gli sviluppi tecnologici e le note questioni relative alle differenze rilevate tra le emissioni prodotte in fase di omologazione e quelle effettive su strada. Lo sviluppo tecnologico dei veicoli e i limiti imposti alle varie classi EURO di omologazione incidono fortemente sulla composizione delle flotte e sul mix dei combustibili.

Nel grafico seguente si riporta il consumo di gasolio e di metano per il trasporto merci su strada nei due scenari considerati.

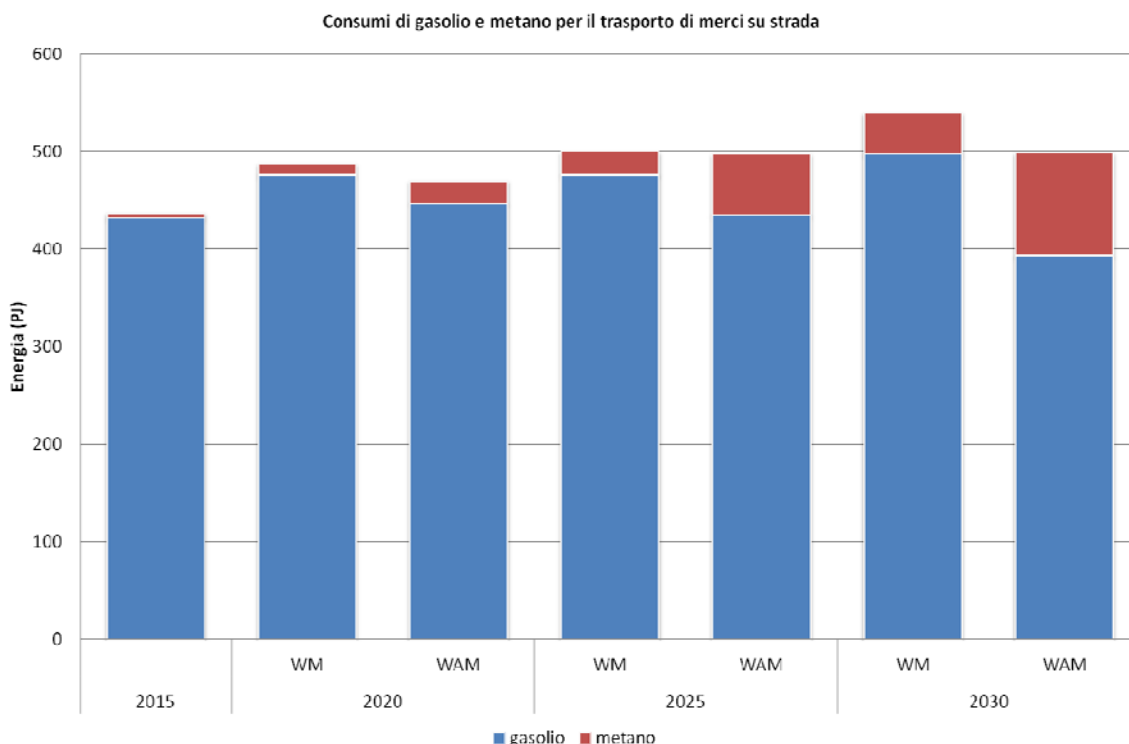


Figura 28 – Consumi di gasolio e metano per il trasporto merci su strada

In entrambi gli scenari si prevede una crescita dei consumi totali e un incremento del contributo del metano, ma nello scenario WAM il gas naturale viene a svolgere un contributo decisamente rilevante a fronte di un aumento dei consumi totali più contenuto.

L'opzione tecnologica più percorribile per ottenere un simile livello di penetrazione è quella del gas naturale liquefatto (GNL), che però necessita anche di un adeguamento infrastrutturale importante per garantire il necessario approvvigionamento ai mezzi che ne faranno uso. Inoltre, considerando l'orizzonte temporale del 2030 e i normali tassi di sostituzione dei mezzi di trasporto in questione, per garantire il raggiungimento dei livelli di metanizzazione ipotizzati si dovrà spingere verso una sostituzione accelerata delle flotte di veicoli pesanti per il trasporto merci.

Anche per quanto riguarda il trasporto di persone ci sono differenze significative nei due scenari elaborati.

Appare subito evidente che nello scenario WM mancano i consumi di elettricità per le automobili, mentre nello scenario WAM tale vettore ricopre una quota non trascurabile, ciò perché alla luce dei dati attualmente disponibili sulle diverse opzioni tecnologiche e sui costi delle stesse, nonché dei diversi vettori energetici, i veicoli con motori a combustione interna risultano più convenienti di quelli elettrici nell'orizzonte temporale considerato.

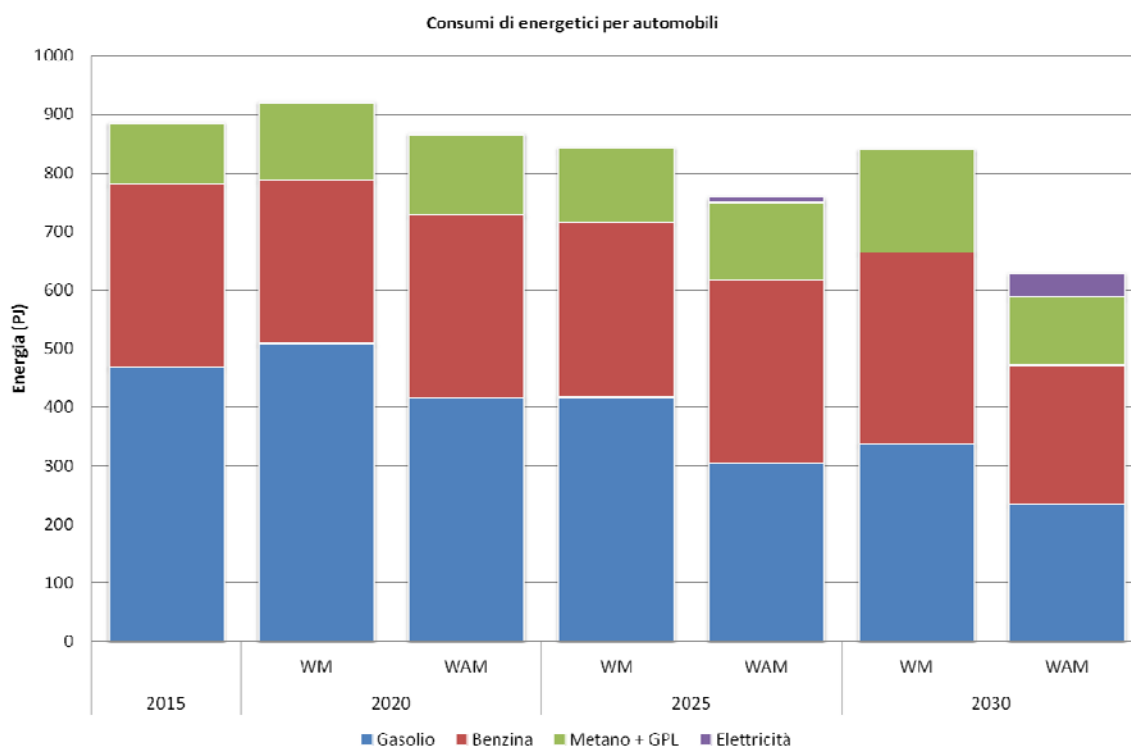


Figura 29 – Consumi energetici per le automobili

Nello scenario WAM si ipotizza una flotta di automobili tra elettriche pure ed ibride plug-in pari a circa 5 milioni di veicoli. Se si considera che il valore attuale (2017) delle vendite è di

circa 2000 elettriche e di meno di 5000 ibride plug-in (su un totale di circa 2 milioni di nuove immatricolazioni), anche in questo caso, per raggiungere la penetrazione prevista dallo scenario WAM è necessario fornire un forte sostegno sia all'acquisto dei veicoli sia al potenziamento della rete di ricarica.

Lo scenario WAM è inoltre caratterizzato da un minor livello generale di consumi, a discapito soprattutto dei combustibili liquidi. In tale scenario viene infatti ipotizzato un forte incremento del trasporto pubblico a discapito di quello privato (l'incremento rispetto ai livelli del 2015 dei passeggeri-km è maggiore del 25% per quanto riguarda i trasporti pubblici stradali e di oltre il 40% per quelli su ferro). È importante in tal senso notare che negli ultimi 10 anni si è assistito ad un aumento importante dei viaggiatori sulle ferrovie regionali e sulle metropolitane, ma si è anche registrata una lieve diminuzione di quelli trasportati su bus. Considerati i forti investimenti necessari ed i lunghi tempi di realizzazione delle infrastrutture per il trasporto su ferro, ne consegue che i livelli di intermodalità previsti in accordo con gli obiettivi della SEN necessitano che siano attuate politiche e misure atte a consentire un ulteriore incremento di tale modalità di trasporto e una ripresa del trasporto su autobus, altrimenti gli obiettivi di riduzione dei consumi e delle emissioni ne sarebbero verosimilmente compromessi.

5.3 Industria manifatturiera ed energetica

Per quanto riguarda il settore dell'industria lo scenario WAM prevede un maggiore incremento dell'efficienza energetica e un più diffuso impiego di rifiuti e biomasse combustibili in sostituzione soprattutto dei prodotti petroliferi, come si può vedere nei grafici seguenti.

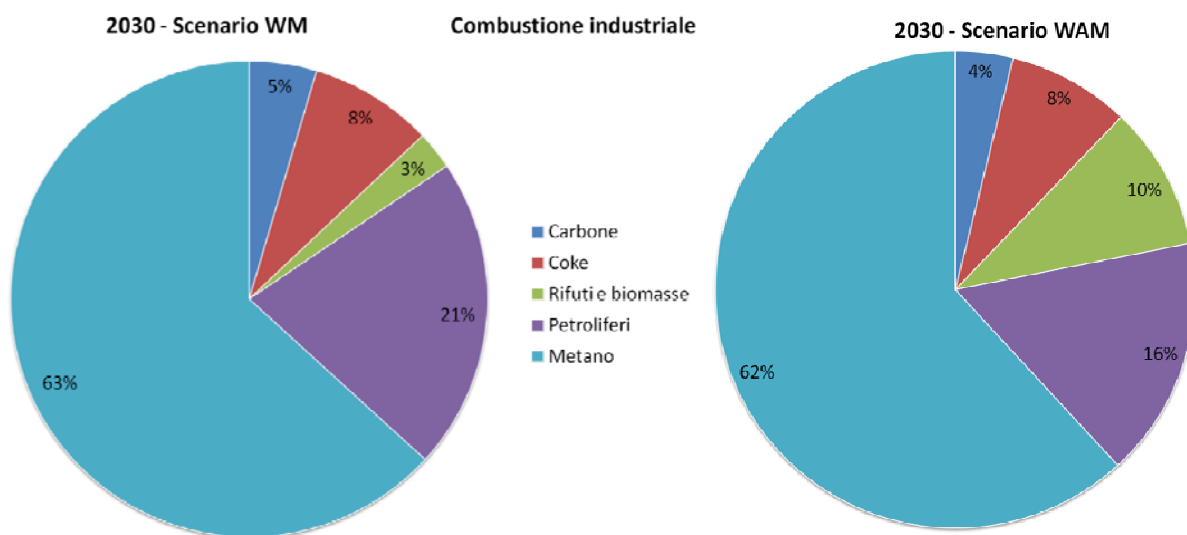


Figura 30 – Combustione industriale

Per quanto riguarda la generazione elettrica, infine, lo scenario WAM ipotizza, in accordo con gli obiettivi SEN, lo stop all'utilizzo del carbone dal 2025 e l'incremento della quota prodotta da fonti rinnovabili fino al 55% dei consumi elettrici nel 2030.

Le differenze principali sono rappresentate nel grafico che segue, in cui sono considerati congiuntamente i consumi per la produzione elettrica e di calore.

Si può osservare oltre alla scomparsa del carbone nello scenario WAM dal 2025, anche una riduzione dei consumi complessivi di combustibili dovuta sia al maggior ricorso all'uso di fotovoltaico ed eolico per la produzione elettrica, sia a una maggiore efficienza energetica sia nella produzione di elettricità sia negli usi finali della stessa.

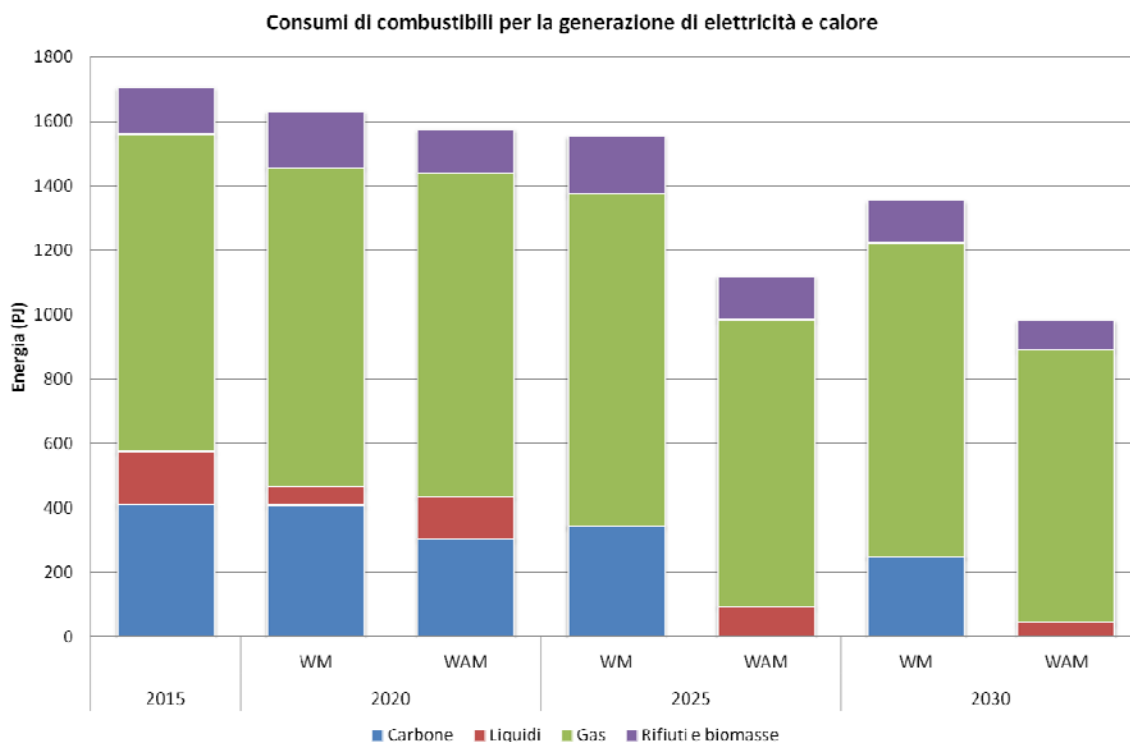


Figura 31 – Consumi di combustibili per la generazione di elettricità e calore

6. Scenari emissivi

Applicando la metodologia descritta nel precedente capitolo, sono stati elaborati, con il modello GAINS-Italia, due scenari emissivi: lo scenario emissivo nazionale WM (With Measures) e WAM (With Additional Measures).

Lo scenario emissivo WAM mostra una riduzione delle emissioni di SO₂ rispetto allo scenario WM di circa il 22% al 2020 e di circa il 27% al 2030 (Figura 32).

Tale variazione è guidata principalmente da una riduzione delle emissioni nel settore della generazione elettrica (Power Plants in Figura 33), del settore industriale e del settore marittimo. Le raffinerie sono poco interessate dalle variazioni e mantengono un contributo pressoché costante dal 2020 al 2030 per entrambi gli scenari. Il settore industriale continua a rappresentare la principale sorgente emissiva di SO₂ sia al 2020 che al 2030 per gli scenari WM e WAM, mentre il contributo del settore marittimo tende a scomparire nello scenario WAM al 2030 per effetto dell'ipotesi di sostituzione del combustibile marino da heavy fuel a gas.

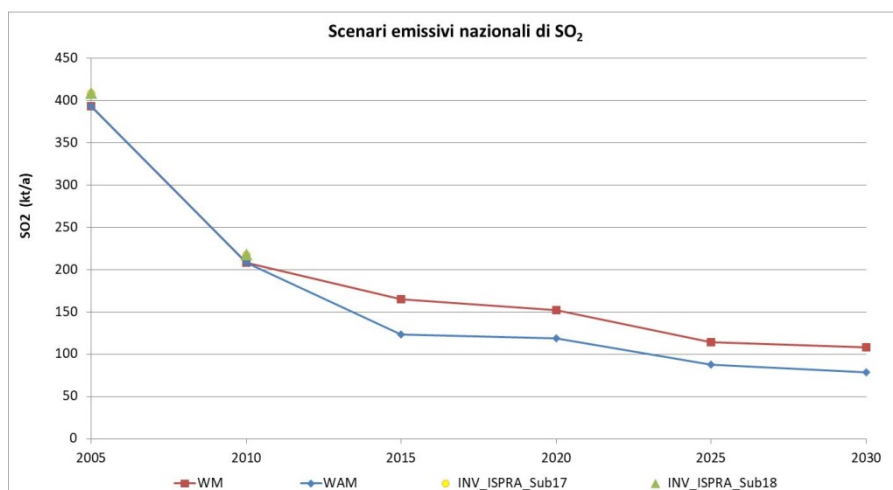


Figura 32 – Confronto scenario emissivo (in kt) per SO₂ tra scenario WM e scenario WAM.



Figura 33 – Scenario nazionale WM (in alto) e WAM (in basso), per le emissioni di SO₂ per settore, elaborati con il modello GAINS-Italia per gli anni 2005-2030.

La riduzione delle emissioni di NO_x tra scenario WM e WAM (*Figura 34*) è meno significativa al 2020 (circa 7%) e diventa più importante al 2030 (circa 20%). La riduzione è trainata da una forte diminuzione delle emissioni nel settore del trasporto stradale (*Figura 35*) che si dimezzano dal 2020 al 2030 per entrambi gli scenari e che al 2030 nello scenario WAM si riducono ulteriormente per effetto dell'introduzione dell'auto elettrica. Il trasporto stradale resta in ogni caso la principale sorgente emissiva di NO_x, seguita dall'industria, dalla generazione elettrica e dal trasporto marittimo.

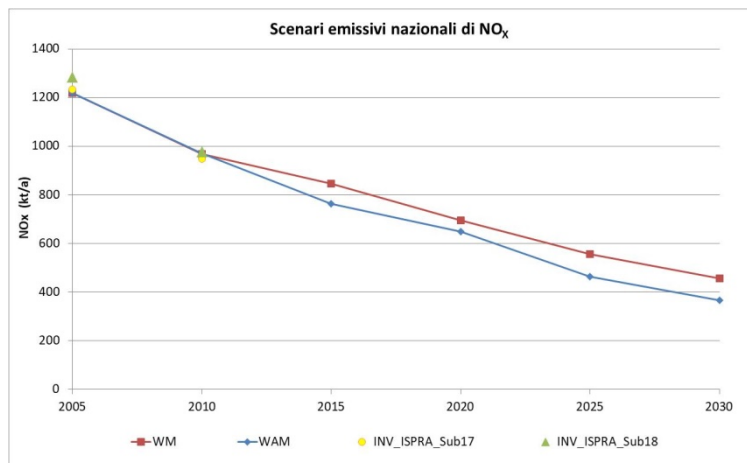


Figura 34 – Confronto scenario emissivo (in kt) per NO_x tra scenario WM e scenario WAM.

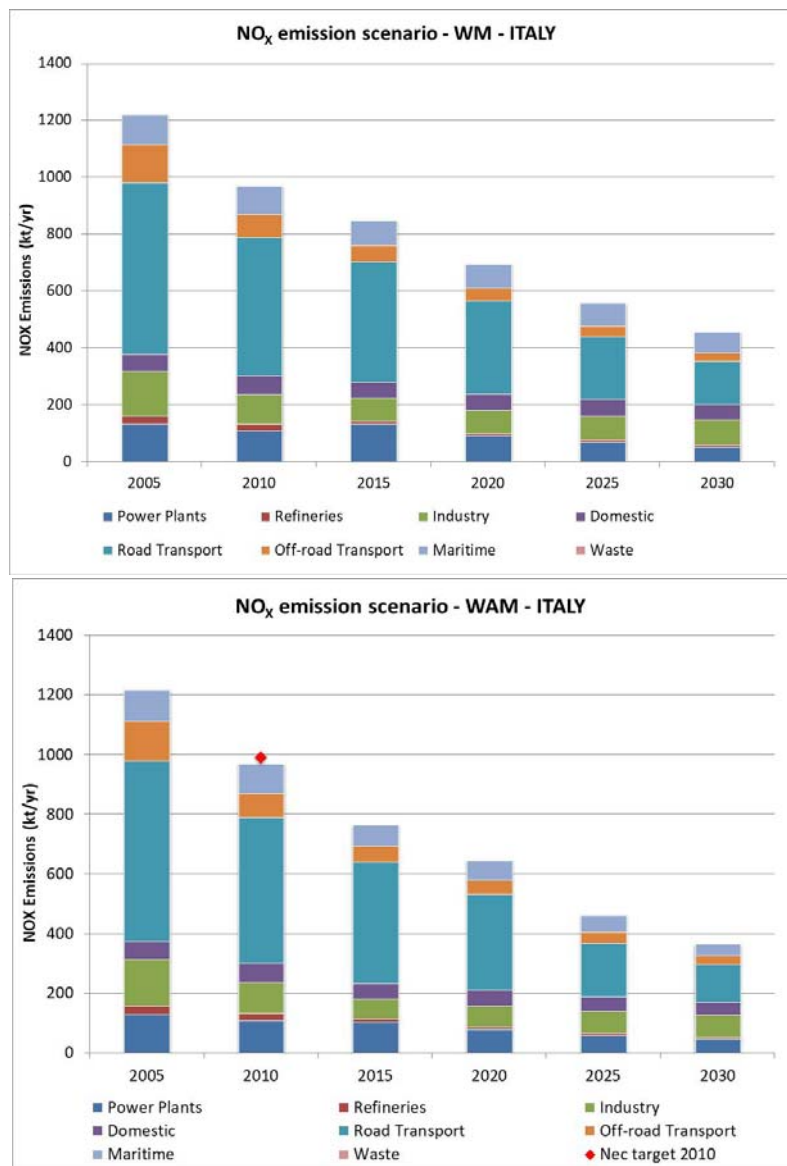


Figura 35 – Scenario nazionale WM (in alto) e WAM (in basso) per le emissioni NO_x per settore elaborato con il modello GAINS-Italia per gli anni 2005-2030.

La variazione delle emissioni di PM_{2,5} tra scenario WM e WAM (Figura 36) è più contenuta e pari al 6% al 2020 e al 13% al 2030. La riduzione delle emissioni è guidata dal settore residenziale, che continua a rappresentare il settore che maggiormente contribuisce alle emissioni totali di PM_{2,5} (circa il 60% per entrambi gli anni e gli scenari), seguita, in maniera più contenuta, dal trasporto su strada.

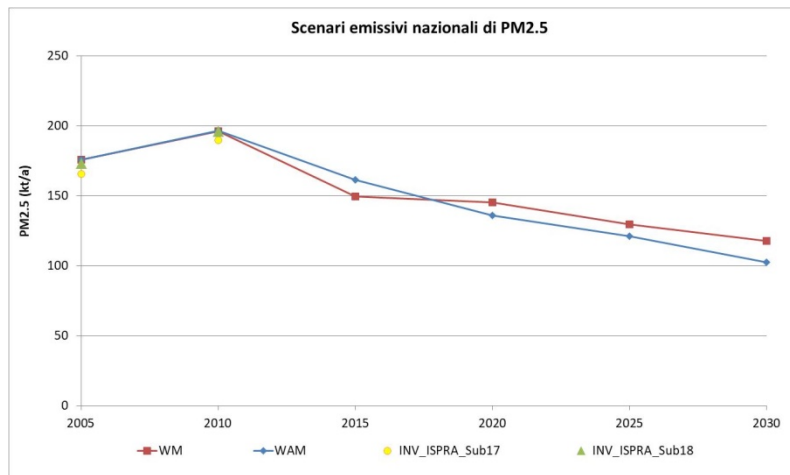


Figura 36 – Confronto scenario emissivo (in kt) per $PM_{2,5}$ tra scenario WM e scenario WAM.

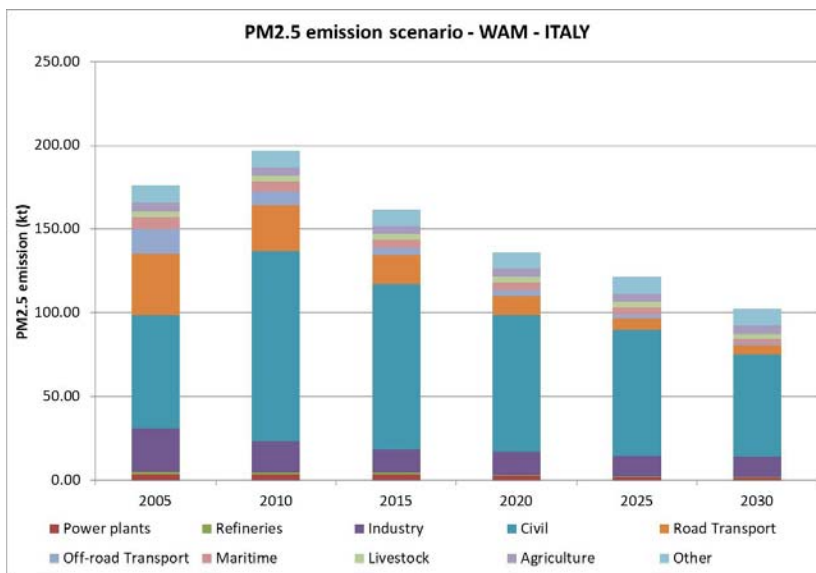
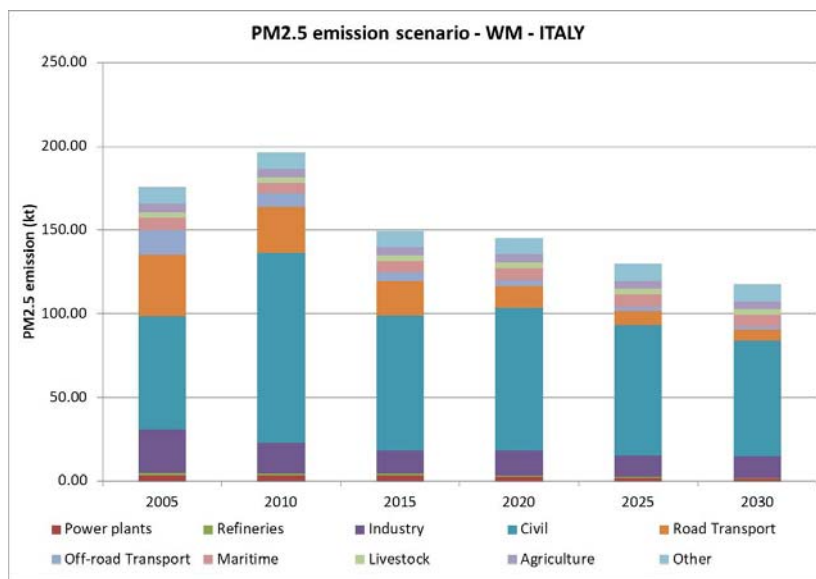


Figura 37 – Scenario nazionale WM (in alto) e WAM (in basso) per le emissioni $PM_{2,5}$ per settore elaborato con il modello GAINS-Italia per gli anni 2005-2030.

La variazione delle emissioni di COVNM dallo scenario WM allo scenario WAM è di circa il 12% al 2020 e il 16% al 2030. Tale riduzione è principalmente spinta da una riduzione delle emissioni dal settore solventi, sia per uso industriale che domestico, che si verifica principalmente a causa di una revisione dei fattori di emissione intervenuta successivamente all'anno di riferimento e che modifica l'efficacia di alcune tecniche di abbattimento rispetto a quanto precedentemente ipotizzato, dal trasporto su strada e dal settore residenziale. Entrambi gli scenari mostrano una riduzione delle emissioni di circa il 15% dal 2020 al 2030 per effetto principalmente del settore residenziale e del trasporto su strada.

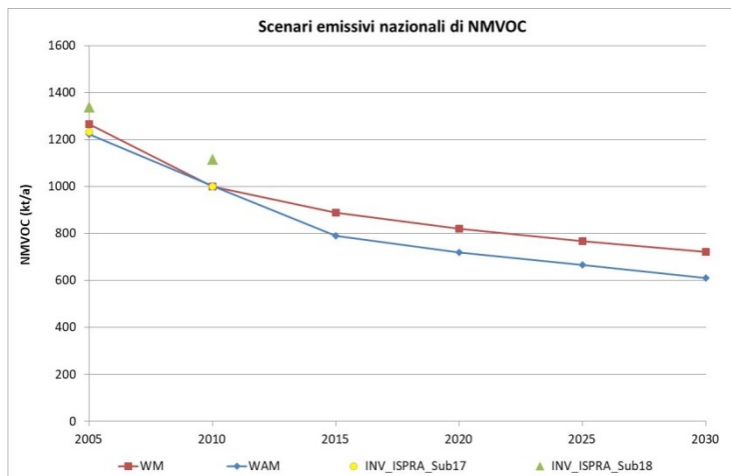


Figura 38 – Confronto scenario emissivo (in kt) per COVNM tra scenario WM e scenario WAM.

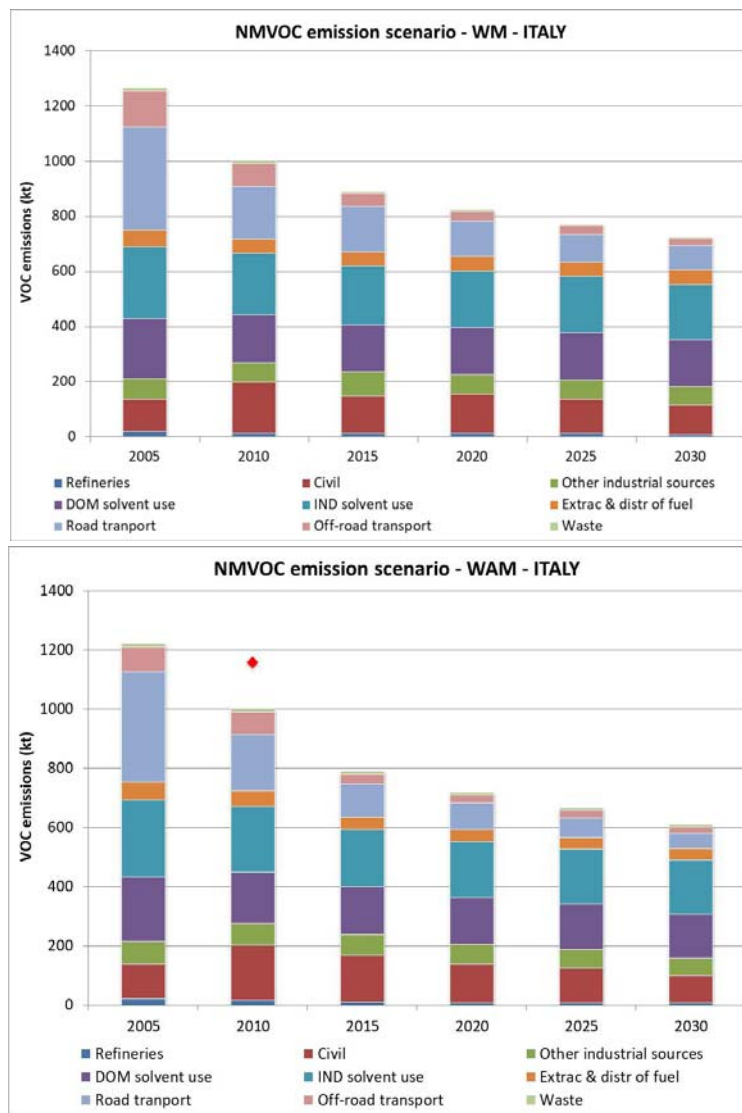


Figura 39 – Scenario nazionale WM (in alto) e WAM (in basso) per le emissioni NMVOC per settore elaborato con il modello GAINS-Italia per gli anni 2005-2030.

L'ammoniaca è l'inquinante che mostra le riduzioni minori tra i due scenari, riduzioni che sono praticamente coincidenti al 2020 e con una differenza di circa il 6% al 2030. La riduzione che si osserva dal 2020 al 2030 è principalmente legata ad una riduzione delle emissioni dagli allevamenti bovini e suinicoli. La riduzione delle emissioni osservata al 2030 tra scenario WM e WAM è conseguenza dell'introduzione di una misura di riduzione del consumo di fertilizzanti azotati. Il Ministero dell'Ambiente ha ritenuto di intervenire in uno dei settori suggeriti dalle "Linee guida agricole per la riduzione delle emissioni di ammoniaca nel Bacino Padano" (MIPAAF, 2016) ipotizzando una riduzione del consumo di urea al 2030 efficace per il rispetto del tetto. Tale riduzione è di circa il 21% nello scenario WAM rispetto allo scenario WM e non altera il contributo dei vari settori alle emissioni totali di NH_3 che restano dominate dagli allevamenti di bovini, seguite dagli allevamenti avicoli e suinicoli e dal consumo di urea. La stessa riduzione potrà essere conseguita anche con misure di diversa tipologia in grado di produrre risultati equivalenti. La distribuzione settoriale degli scenari sottolinea la rilevanza del settore zootecnico come ulteriore possibile settore di intervento.

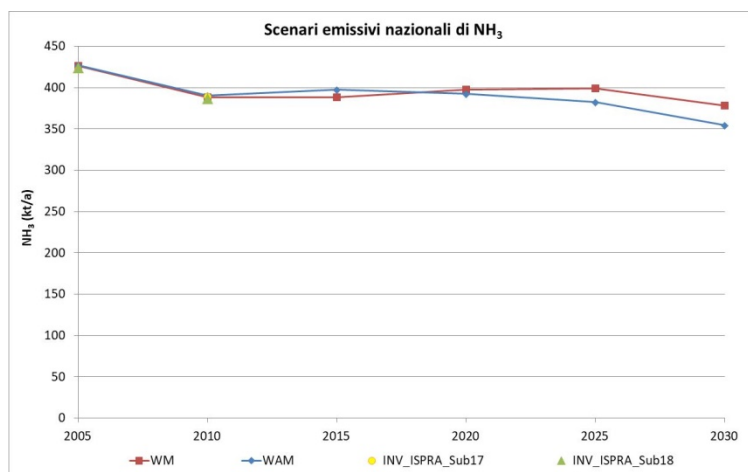


Figura 40 – Confronto scenario emissivo (in kt) per NH₃ tra scenario WM e scenario WAM.

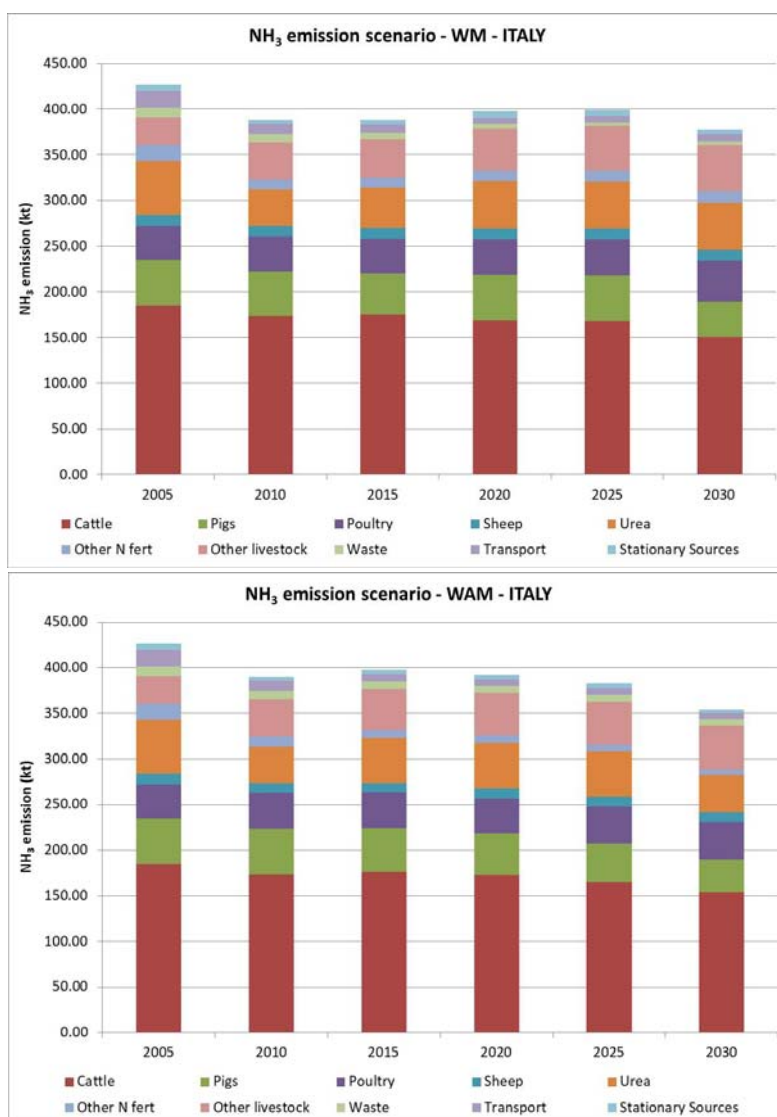


Figura 41 – Scenario nazionale WM (in alto) e WAM (in basso) per le emissioni NH₃ per settore elaborato con il modello GAINS-Italia per gli anni 2005-2030.

Definiti gli scenari di input al modello GAINS-Italia e armonizzata con l'inventario la stima delle emissioni all'anno base, sia a livello nazionale che regionale, il modello elabora uno scenario delle emissioni per i principali inquinanti atmosferici e per i sei gas serra previsti nel protocollo di Kyoto.

Al fine di verificare il conseguimento degli obiettivi di riduzione al 2020 e 2030, nelle seguenti tabelle si riporta un confronto tra gli obiettivi di riduzione delle emissioni 2020 e 2030 e le riduzioni raggiunte con gli scenari WM e WAM.

OBIETTIVO RIDUZIONE EMISSIONI AL 2020			
	Target Direttiva NEC	2020_WM	2020_WAM
SO ₂	-35%	-61%	-70%
NO _x	-40%	-43%	-47%
PM2.5	-10%	-17%	-23%
NMVOG	-35%	-35%	-41%
NH ₃	-5%	-7%	-8%

Tabella 10 – Verifica obiettivo di riduzione delle emissioni al 2020 previsti dalla Direttiva NEC.

OBIETTIVO RIDUZIONE EMISSIONI AL 2030			
	Target Direttiva NEC	2030_WM	2030_WAM
SO ₂	-71%	-73%	-80%
NO _x	-65%	-63%	-70%
PM2.5	-40%	-33%	-42%
NMVOG	-46%	-43%	-50%
NH ₃	-16%	-11%	-17%

Tabella 11 – Verifica obiettivo di riduzione delle emissioni al 2030 previsti dalla Direttiva NEC.

La *Tabella 10* mostra come tutti gli obiettivi di riduzione al 2020 siano già raggiunti nello scenario WM sebbene gli NMVOG presentino una riduzione nell'intorno del target.

In *Tabella 11* sono riportati gli obiettivi di riduzione al 2030, da cui si evince il mancato raggiungimento, nello scenario WM, delle riduzioni previste per tutti gli inquinanti ad eccezione dell'SO₂. L'inserimento nello scenario WAM delle misure previste nella SEN (2017) e della misura di riduzione dei consumi di urea risulta invece efficace per il rispetto dei tetti alle emissioni anche se con riduzioni molto vicine agli obiettivi previsti.

In Appendice è presentata, in una modalità grafica sintetica, la Key Source Analysis riferita alle principali sorgenti emmissive che ha informato tutti i contenuti della presente relazione nonché orientato le misure che sono state contabilizzate all'interno dello scenario WAM.

Lo scenario WM non consente il rispetto dei tetti alle emissioni al 2030 previsti dalla nuova NECD per tutti gli inquinanti, ad eccezione dell'SO₂. Nello scenario WAM, oltre all'introduzione dello scenario energetico derivante dalla nuova Strategia Energetica Nazionale 2017, è stata inserita una misura di riduzione delle emissioni di NH₃. In particolare si è ipotizzata una riduzione dei consumi di urea al 2030, rispetto allo scenario WM, di circa il 21%.

7. Scenari di qualità dell'aria

Le simulazioni sono state effettuate tenendo fisso l'input meteorologico, relativo all'anno 2010. In questo modo si effettua la valutazione del solo effetto dell'evoluzione temporale delle emissioni, eliminando la variabilità meteorologica dallo studio. Test di sensitività all'input meteorologico sarebbero possibili attraverso GAINS-Italia, che utilizza diverse annualità meteorologiche per stimare gli effetti di concentrazione nonché l'effetto medio sulle diverse meteorologie, utilizzando le matrici di trasferimento atmosferico. Tuttavia l'attuale risoluzione delle matrici di trasferimento (20 km), non è sufficiente per valutare la variazione delle zone di superamento dei limiti di concentrazione, per cui si è dovuto optare per una meteorologia unica visti anche i tempi ristretti dell'attività.

Il paragrafo 7.1 riporta le mappe delle medie annuali di concentrazione, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, di NO₂, PM₁₀ e PM_{2,5}. I valori limite di lungo periodo del D. Lgs. 155/2010 sono riferiti alla media annuale, per cui le mappe mostrano in rosso le aree di superamento dei valori limite (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per NO₂ e PM₁₀, 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per PM_{2,5}). In aggiunta, sono riportate le mappe delle medie annuali dei valori massimi giornalieri di O₃ calcolati sulle medie mobili su 8 ore. Questo non è il parametro di legge per il limite del valore obiettivo, che invece è rappresentato nel paragrafo 7.2. Tuttavia, le medie annuali forniscono una utile informazione accessoria sulla distribuzione media in un intervallo temporale lungo, e sul relativo trend negli anni futuri.

Il paragrafo 7.2 riporta le mappe del 36° valore più elevato sulla serie temporale dei valori di concentrazione di PM₁₀ e del 26° valore più elevato sulla serie temporale dei valori di concentrazione di O₃, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. A tali parametri sono riferiti i valori limite ed obiettivo del D. Lgs. 155/2010 di breve periodo: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media giornaliera di PM₁₀, da non superare più di 35 giorni nell'anno; 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la concentrazione media massima giornaliera di O₃ calcolata sulle 8 ore, da non superare più di 25 giorni nell'anno. Le mappe mostrano in rosso (chiaro e scuro) le aree di superamento dei valori limite.

Per ogni inquinante, e per ogni scenario, si riportano nell'ordine la mappa del 2010, del 2020 e della differenza fra 2020 e 2010, e a seguire del 2010, del 2030 e della differenza fra 2030 e 2010.

E' importante ricordare che le mappe dell'anno base 2010 sono prodotte dal modello, senza post-elaborazioni (assimilazione) finalizzate a ridurre le differenze con i dati misurati. Questo comporta che le mappe 2010 conservano una differenza rispetto ai dati misurati, in particolare una sottostima su NO₂, PM₁₀ e PM_{2,5} e una sovrastima su O₃, documentate in

passate pubblicazioni e comuni in generale ai principali modelli di qualità dell'aria europei. Queste differenze riguardano anche i risultati di scenario 2020 e 2030, che condividono il setup con l'anno base 2010. Invece, le mappe di differenza fra scenario e anno base risentono meno delle sottostime modellistiche (per effetto di elisione nell'operazione di differenza), per cui rappresentano il risultato più affidabile dello studio. Si è scelto di riportare, comunque, sia le mappe di concentrazione che le mappe di differenza di concentrazione, per rendere più trasparente l'analisi. Nel testo di questo paragrafo, come "superamenti" si intendono i superamenti modellistici, cioè i valori modellistici di concentrazione che superano il limite di legge.

7.1 Mappe di concentrazione media annuale

Le mappe di NO₂ mostrano una distribuzione con forti gradienti, condizionata dalla localizzazione delle emissioni. I valori massimi si presentano su alcuni grandi centri urbani, dove è maggiore l'effetto combinato delle emissioni da riscaldamento domestico, traffico urbano e traffico autostradale. Nel "nuovo" 2010 sono visibili i massimi locali di Torino, Milano e Napoli, con una estesa area di superamento su Milano che si riduce nei due scenari futuri. Nel 2020 le concentrazioni scendono nel bacino padano, nelle aree di Roma e Napoli, lungo le autostrade e le rotte di traffico marittimo ma, considerando anche le prevalenti sottostime del modello, resta una potenziale criticità nell'area milanese. Al 2030 si osserva una riduzione più generale e diffusa delle concentrazioni di NO₂ guidata da un importante rinnovo del parco circolante dovuto all'introduzione dell'Euro 6 con fattori di emissione che diventano infatti più restrittivi nel passaggio dal 2020 (Euro 6 - fase 1) al 2030 (Euro 6 - fase2). Le autovetture a gasolio identificano inoltre una quota di emissioni di NO_x che per gli EURO6 fase 1 è pari al 55% al 2020 e al 13% al 2030 mentre gli EURO6 fase 2 coprono l'83% al 2030.

Con tali ipotesi, comuni ai due scenari WM e WAM, le diminuzioni nelle concentrazioni di NO₂ raggiungono nel 2020 valori compresi tra 5 e 10 µg/m³ nelle aree urbane e su alcuni tratti autostradali, e tra 2 e 5 µg/m³ sul bacino padano e nelle aree più antropizzate del Centro-Sud. Nel 2030, le diminuzioni si accentuano mantenendo la stessa distribuzione e mostrando un rientro possibile, nei limiti dell'incertezza del modello, di tutti i superamenti modellistici.

Le mappe del medesimo inquinante nello scenario WAM confermano l'efficacia delle misure presenti anche nello scenario WM e non introducono riduzioni assolute molto più significative. Tuttavia l'area interessata è molto più estesa, in particolare nel bacino padano, sia al 2020 che al 2030: ciò è probabilmente attribuibile all'impatto sulla riduzione di concentrazioni di NO₂ di altre misure (power plants e trasporto marittimo) che tende a diventare maggiormente visibile quando la riduzione delle emissioni del trasporto stradale diventa così forte come nello scenario WAM.

Le mappe di PM₁₀ mostrano una distribuzione più uniforme rispetto a NO₂: il PM possiede, infatti, una componente primaria, direttamente influenzata dalle emissioni localizzate, ed una altrettanto importante componente secondaria che ha natura "diffusa", a causa delle scale temporali di formazione più lunghe. La "nuova" simulazione 2010, grazie alla diversa distribuzione spaziale dei consumi di biomassa, che vede prevalentemente escluse le grandi aree metropolitane, non produce più superamenti modellistici urbani che spesso non erano confermati dalle osservazioni. Ciò comporta da un lato sottostime del dato simulato ma anche

l'emersione di zone potenzialmente critiche che prima erano totalmente assenti sebbene segnalate dai dati delle reti di monitoraggio (Veneto, Emilia-Romagna, Frosinone). Su questa nuova distribuzione spaziale, gli scenari WM e WAM introducono riduzioni estese e significative già al 2020 e poi al 2030: nello scenario WM si passa da una riduzione prevalente tra 2 e 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al 2020 a riduzioni che salgono a 5-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al 2030; nello scenario WAM si ottengono riduzioni maggiori di 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ già al 2020 in alcune aree del bacino padano; al 2030 l'entità di riduzione si amplia a tutta la pianura padana e a molta parte della costa adriatica centro-settentrionale. Con queste riduzioni i superamenti modellistici del limite annuale del PM_{10} tendono a scomparire al 2030 sebbene l'impatto di meteorologie meno favorevoli possa continuare a produrre eccedenze.

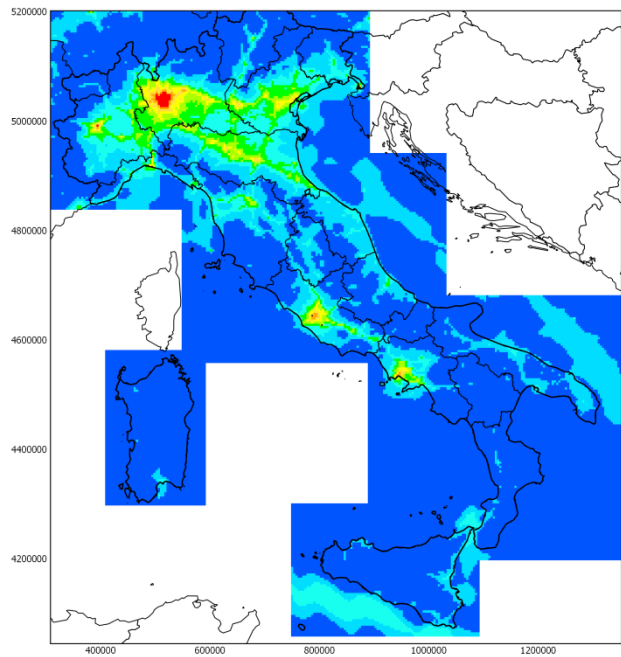
Le emissioni di PM_{10} primario che guidano queste variazioni presentano una riduzione dal settore residenziale del 5% e del 28% al 2020, rispettivamente nello scenario WM e WAM, e del 9% e 46% al 2030, rispetto all'anno base 2010. Le emissioni da traffico veicolare presentano riduzioni che, in funzione della Regione, variano dal 13-18% al 2020 al 19-26% al 2030. Per quanto riguarda le emissioni dei precursori, oltre a quanto già osservato per le emissioni di NO_x , al 2020 incidono sulle emissioni di NH_3 dal settore agricolo e sulle emissioni di NMVOC, gli aggiornamenti dei rispettivi dati di attività di cui si è tenuto conto per lo scenario 2015. Al 2030 è invece attiva una specifica misura di riduzione delle emissioni di NH_3 che prevede una riduzione dei consumi di urea al 2030, rispetto allo scenario WM, di circa il 21%.

Le mappe di $\text{PM}_{2,5}$ hanno importanti analogie con quelle del PM_{10} . Le principali differenze sono due: l'andamento ancora più omogeneo nello spazio, dovuto alla maggiore frazione secondaria sul totale, e i livelli più alti rispetto al limite di legge, con la conseguente maggiore ampiezza delle aree critiche o di superamento. Infatti, il limite di legge (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), in vigore dal 2015, è particolarmente severo, rispetto alla situazione attuale delle concentrazioni. Considerando che l'Organizzazione Mondiale della Sanità indica un limite ancora inferiore (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) per la minimizzazione degli effetti sulla salute umana, si comprende la criticità della situazione del $\text{PM}_{2,5}$. Nel "nuovo" 2010 i superamenti modellistici permangono su Milano e in alcune celle di aree urbane e suburbane del bacino padano, mentre persistono criticità in ampie zone della Pianura Padana e nei dintorni di altre grandi aree metropolitane (Firenze, Perugia, Roma, Napoli, Frosinone). Nei due scenari futuri i superamenti modellistici tendono a sparire, con più forza nel WAM rispetto al WM specialmente nel bacino padano, con il permanere di valori potenzialmente critici nell'area Milano-Bergamo-Brescia anche al 2030 WAM.

Le mappe di O_3 mostrano una distribuzione molto uniforme, dovuta all'ampia scala spazio-temporale dell'inquinamento secondario diffuso. I valori massimi sono sulle aree rurali, dove mancano le emissioni di NO_x che rimuovono O_3 per "titration". In particolare, le aree costiere presentano massimi dovuti al trasporto dal mare (dove O_3 ha livelli particolarmente alti, a causa dell'accumulo conseguente all'assenza di sorgenti in grado di consumarlo) verso terra, per effetto delle circolazioni di brezza. Nel 2020 e nel 2030 le concentrazioni scendono uniformemente ma è evidente nello scenario WAM l'impatto della misura sulla sostituzione del combustibile marino da *heavy fuel* a gas: le concentrazioni in mare ma anche in tutte le aree costiere tendono a ridursi tra i 5 e 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2020 WM ma questi valori si estendono

spazialmente nell'interno della costa nel 2020 WAM. Al 2030 le riduzioni di pari entità si estendono su tutto il territorio nazionale nello scenario WM mentre nel WAM si arriva a valori superiori a $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in gran parte della costa.

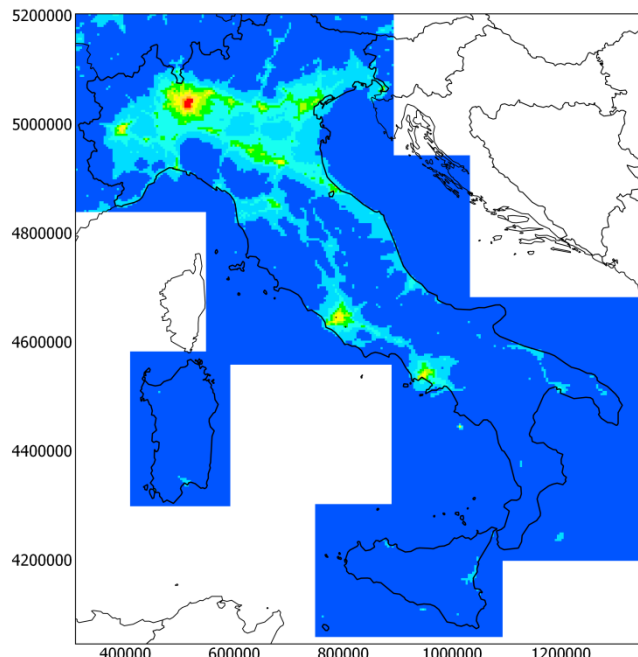
Effetti inversi si verificano su grandi aree urbane dove le diminuzioni sono inferiori e ci sono anche alcuni aumenti di bassa-media entità (a Milano): in quest'ultimo caso, le importanti diminuzioni della concentrazione di NO_2 riducono il potenziale di rimozione chimica di O_3 .



NO2 (microg/m3)

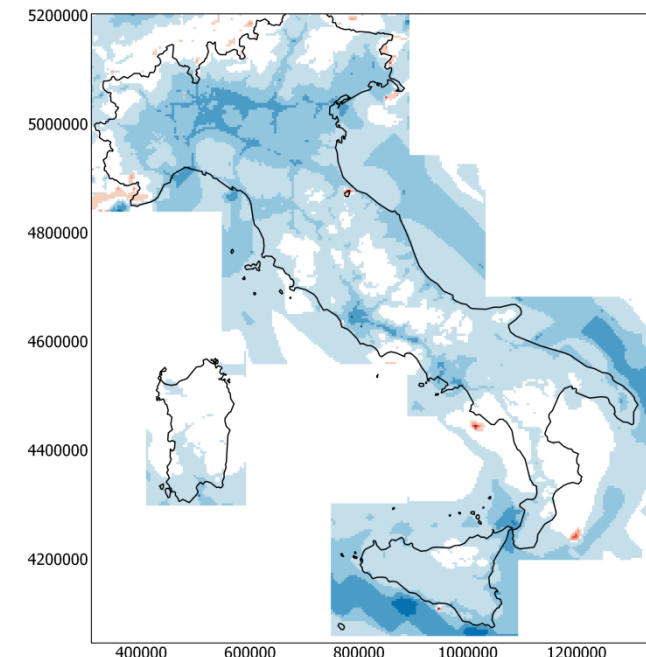
- 0-5
- 5-10
- 10-15
- 15-20
- 20-25
- 25-30
- 30-35
- 35-40
- >40

WM 2020



differenza (microg/m3)

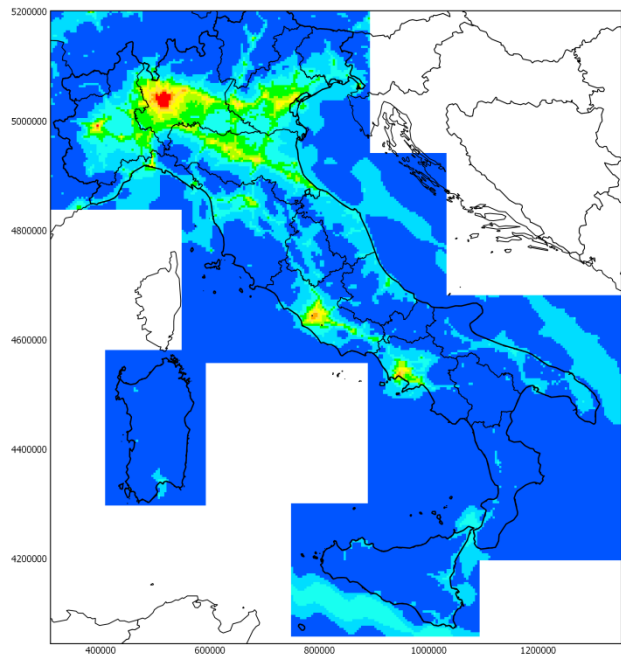
- <-10
- 10 - -5
- 5 - -2
- 2 - -0.5
- 0.5 - 0.5
- 0.5 - 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- >10



anno base 2010

WM 2020 - anno base 2010

Figura 42 – WM 2020, NO₂.

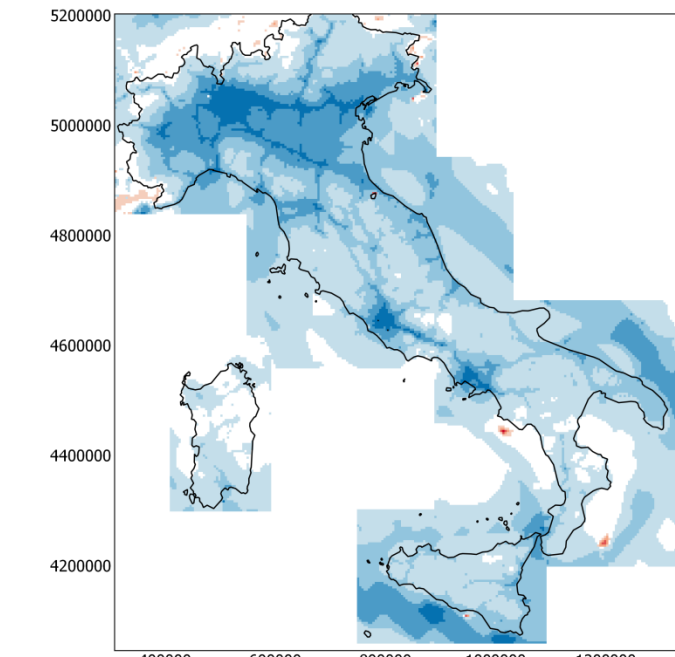
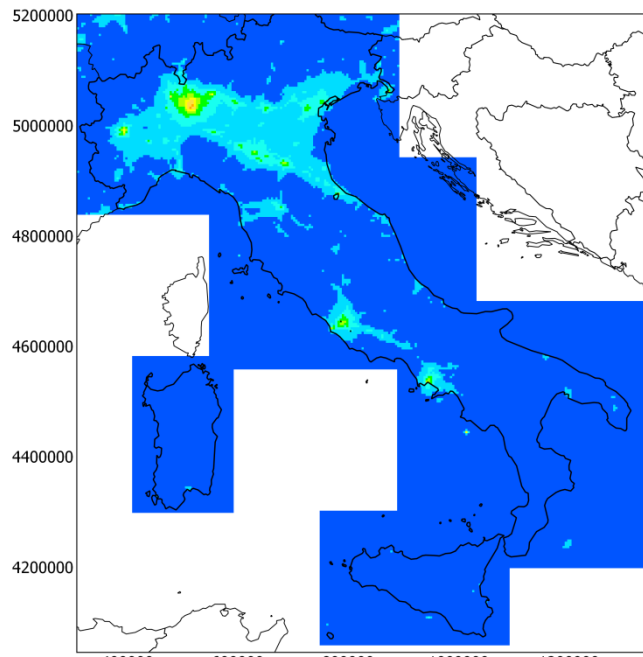


NO2 (microg/m3)

- 0-5
- 5-10
- 10-15
- 15-20
- 20-25
- 25-30
- 30-35
- 35-40
- >40

anno base 2010

wm 2030

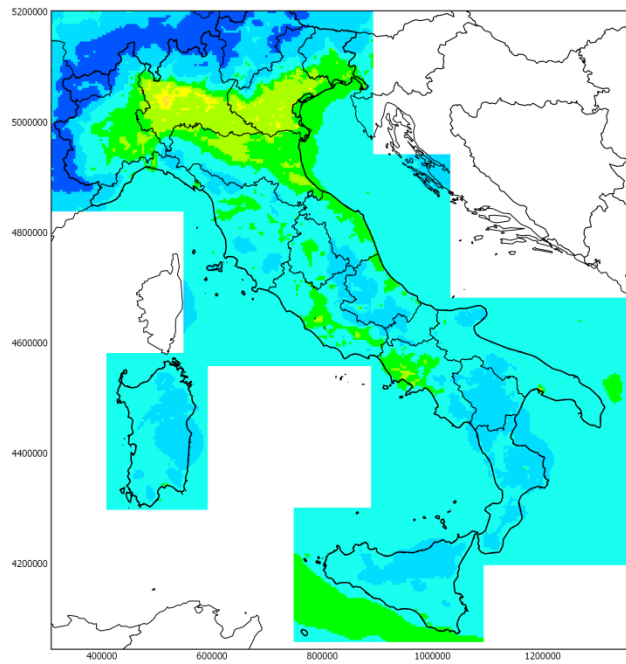


differenza (microg/m3)

- <-10
- 10 - -5
- 5 - -2
- 2 - -0.5
- 0.5 - 0.5
- 0.5 - 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- >10

WM 2030 - anno base 2010

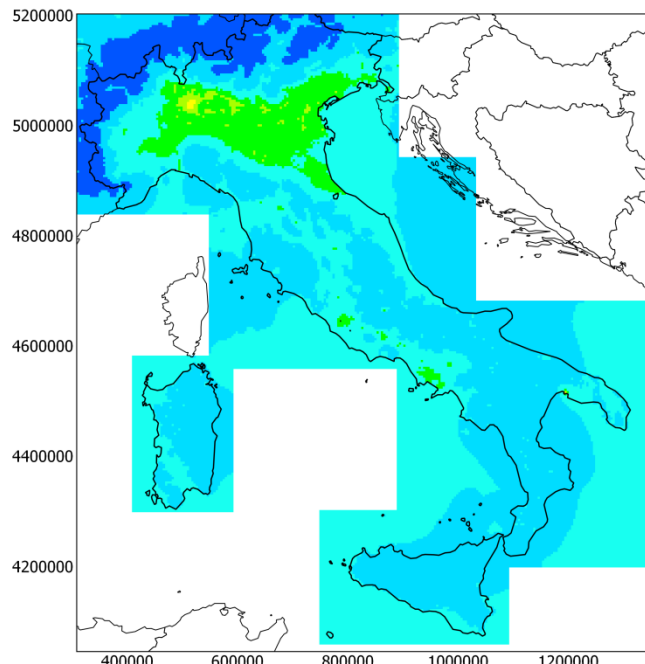
Figura 43 – WM 2030, NO₂.



PM10 (microg/m3)

- 0-5
- 5-10
- 10-15
- 15-20
- 20-25
- 25-30
- 30-35
- 35-40
- >40

wm 2020



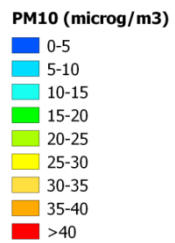
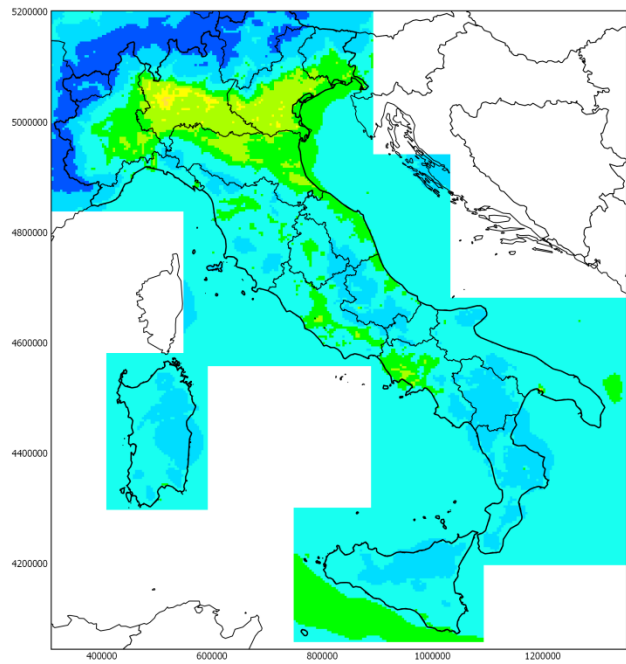
differenza (microg/m3)

- <-10
- 10 - -5
- 5 - -2
- 2 - -0.5
- 0.5 - 0.5
- 0.5 - 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- >10

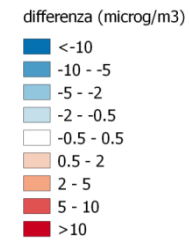
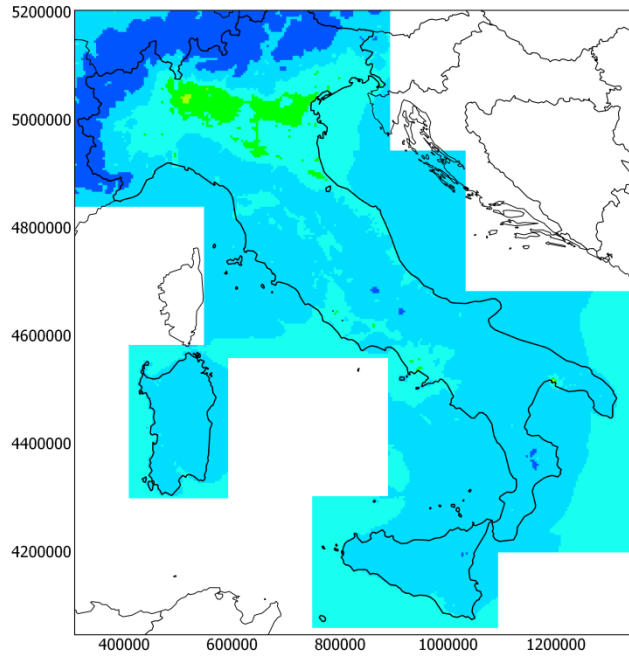
WM 2020 - anno base 2010

anno base 2010

Figura 44 – WM 2020, PM₁₀.



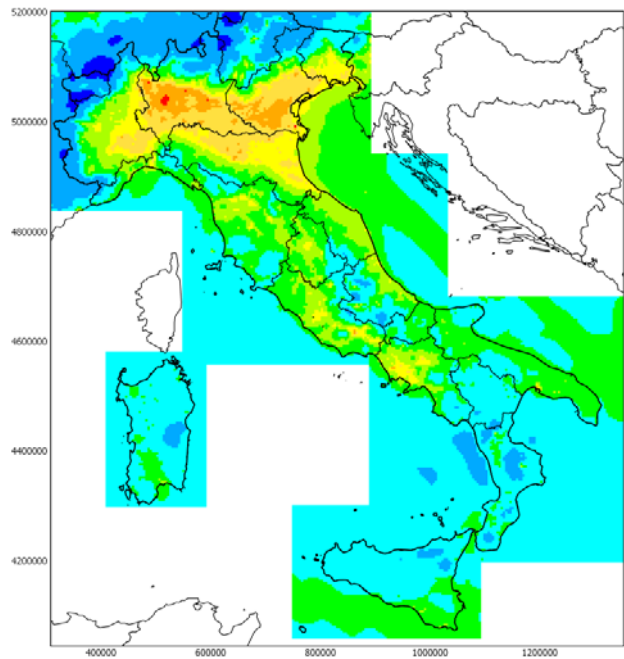
wm 2030



WM 2030 - anno base 2010

anno base 2010

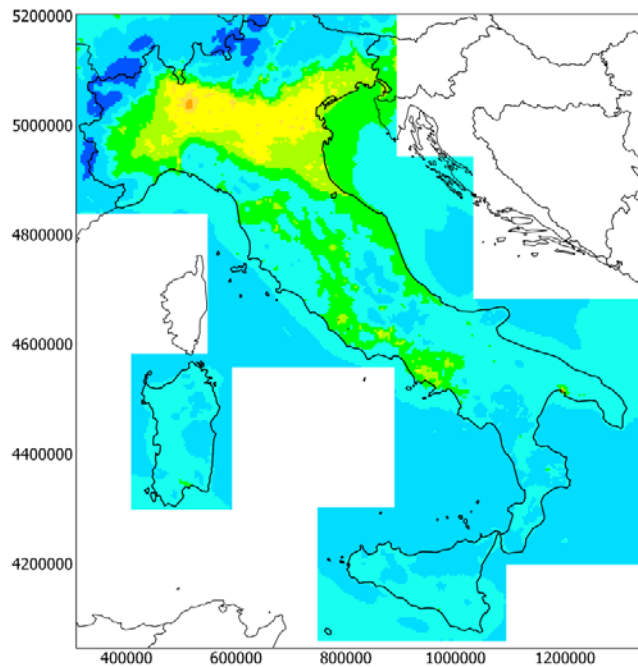
Figura 45 – WM 2030, PM₁₀.



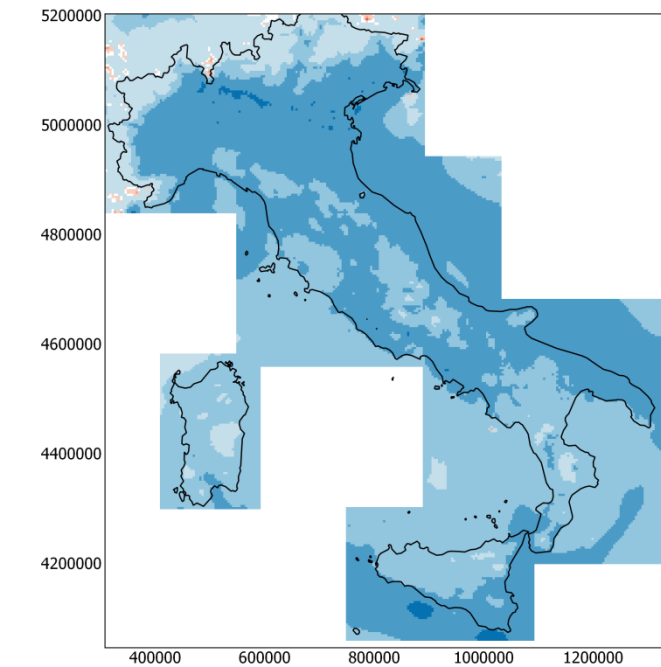
PM2.5 (microg/m3)

- 0-3
- 3-6
- 6-9
- 9-12
- 12-15
- 15-18
- 18-21
- 21-25
- >25

anno base 2010



wm 2020

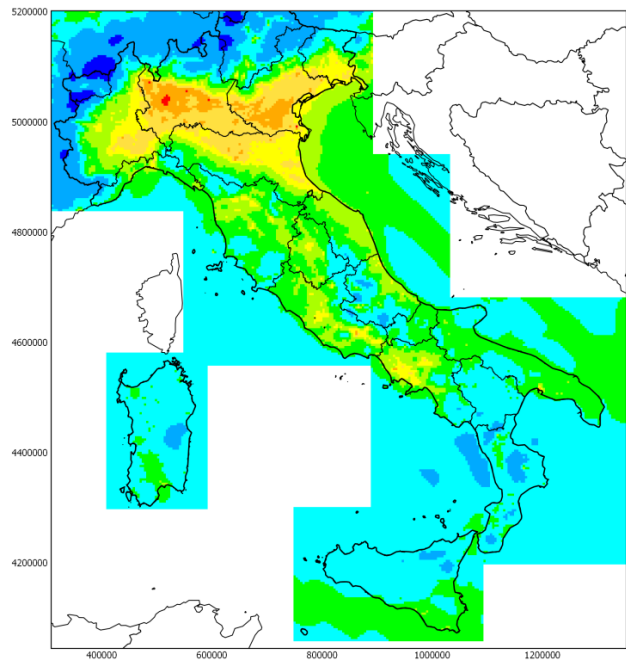


differenza (microg/m3)

- <-5
- 5 - -2
- 2 - -1
- 1 - -0.1
- 0.1 - 0.1
- 0.1 - 1
- 1 - 2
- 2 - 5
- >5

WM 2020 - anno base 2010

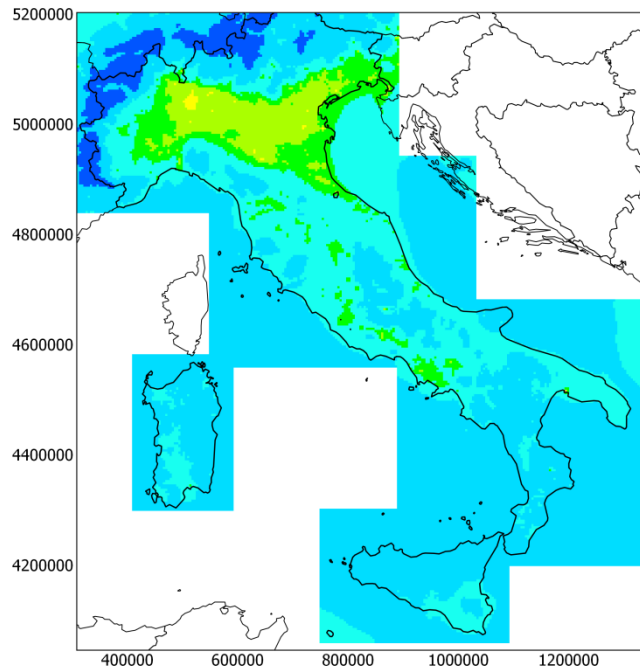
Figura 46 – WM 2020, PM_{2,5}.



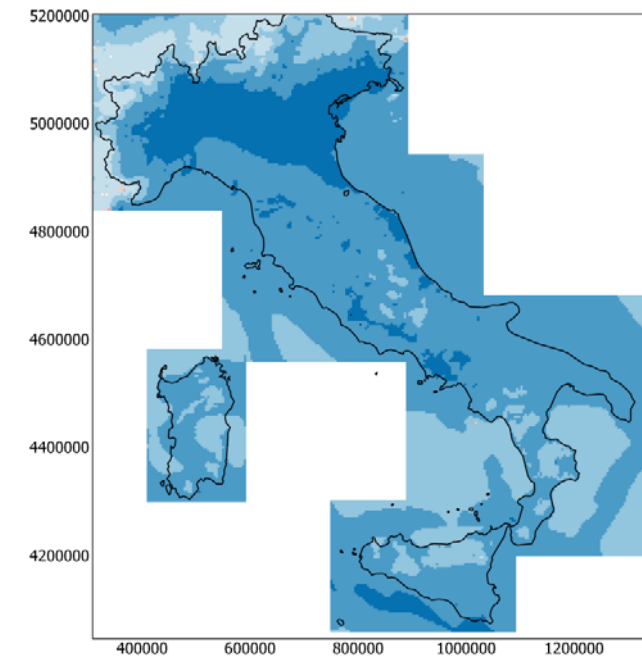
PM2.5 (microg/m3)

- 0-3
- 3-6
- 6-9
- 9-12
- 12-15
- 15-18
- 18-21
- 21-25
- >25

anno base 2010



wm 2030

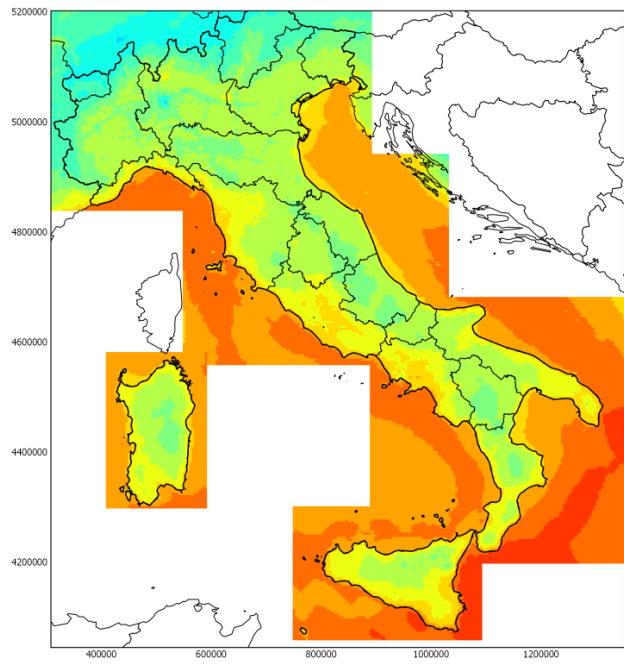


differenza (microg/m3)

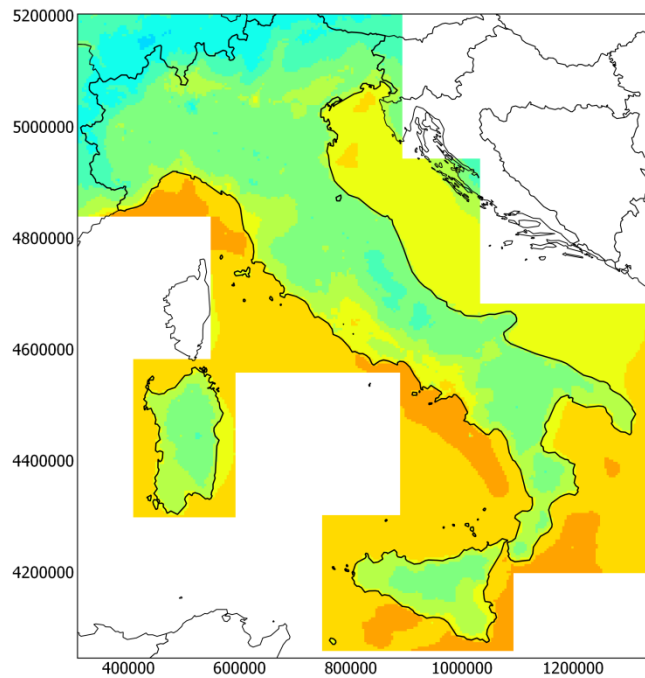
- <-5
- 5 - -2
- 2 - -1
- 1 - -0.1
- 0.1 - 0.1
- 0.1 - 1
- 1 - 2
- 2 - 5
- >5

WM 2030 - anno base 2010

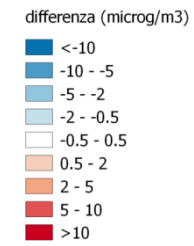
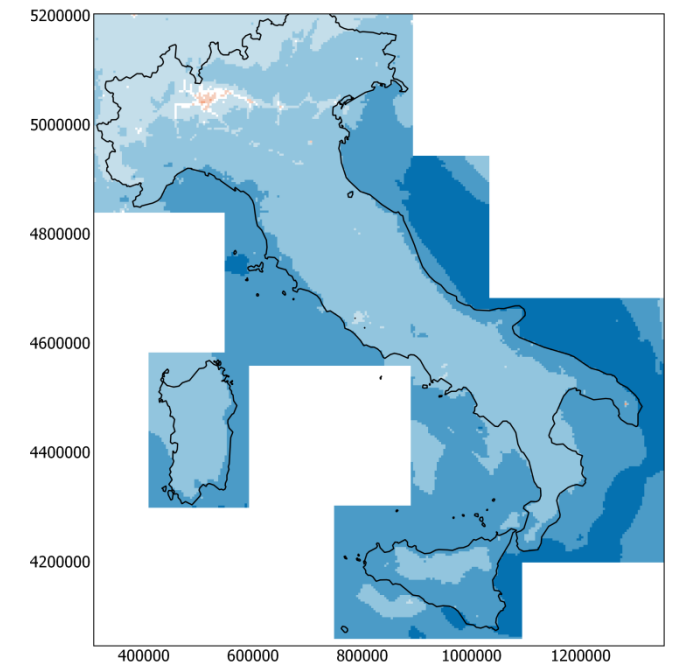
Figura 47 – WM 2030, PM_{2,5}.



anno base 2010

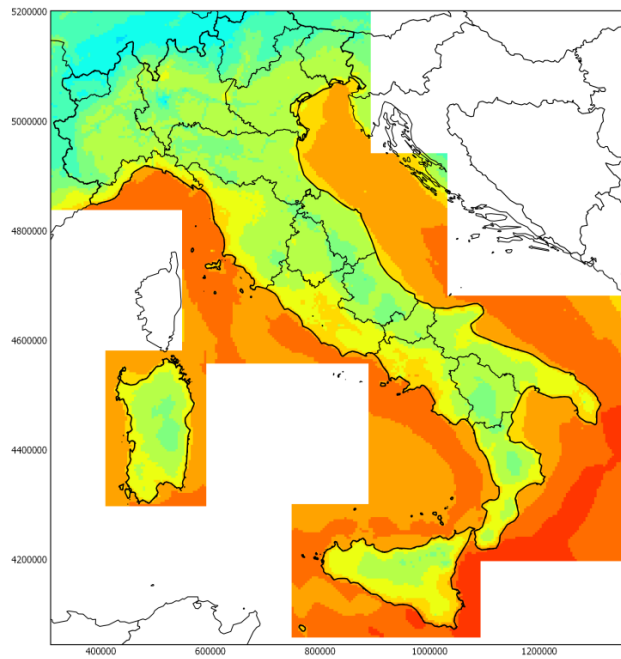


wm 2020

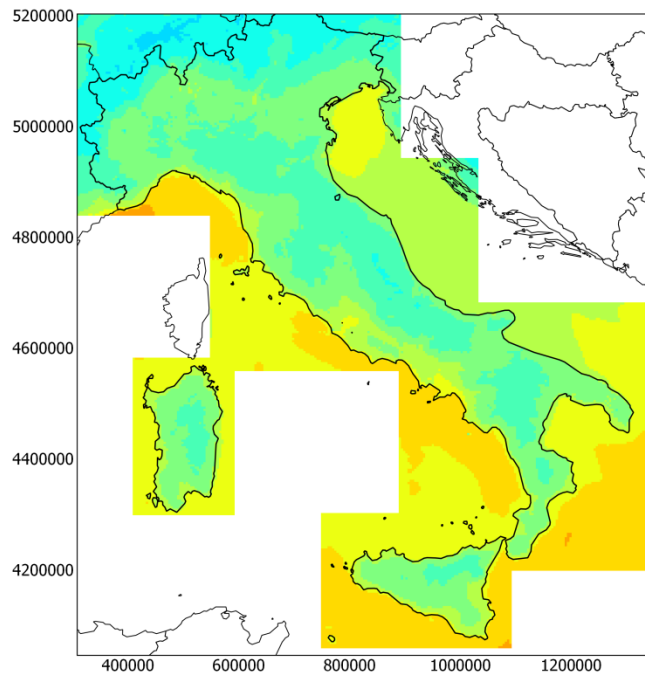


WM 2020 - anno base 2010

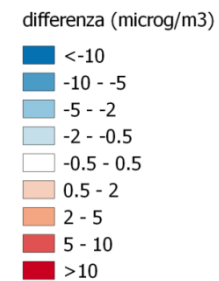
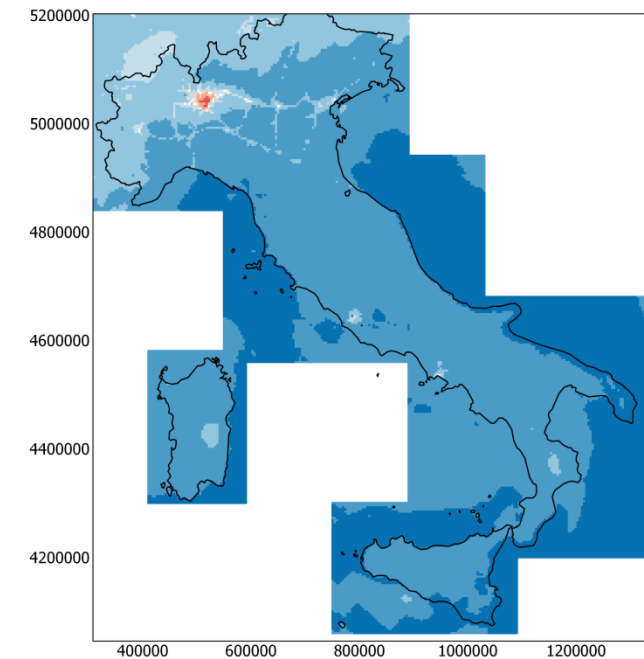
Figura 48 – WM 2020, O₃.



anno base 2010

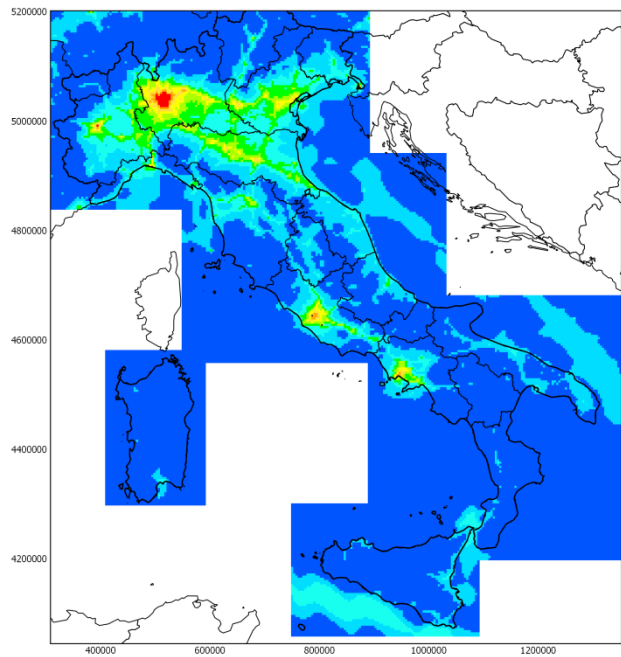


wm 2030



WM 2030 - anno base 2010

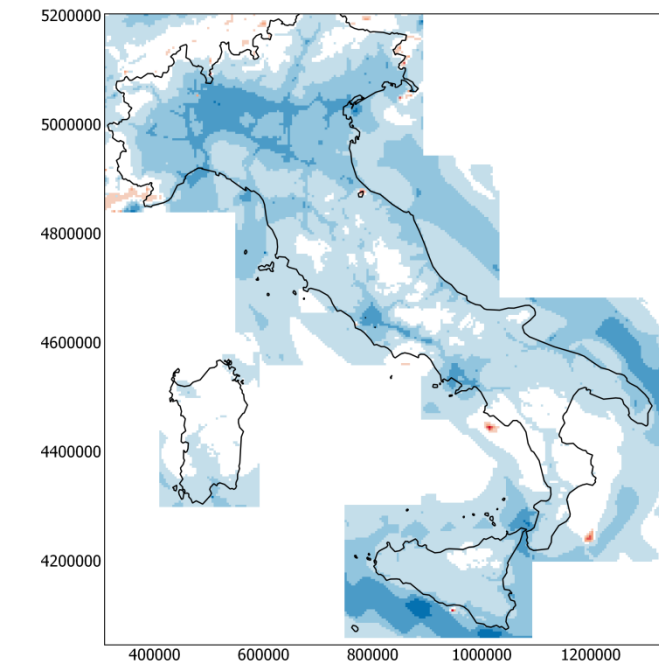
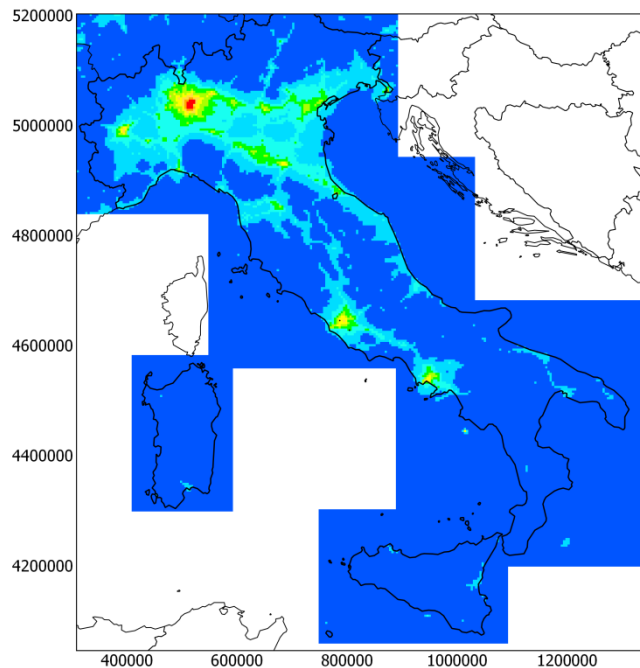
Figura 49 – WM 2030, O₃.



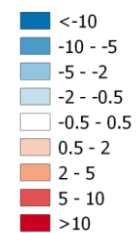
NO2 (microg/m3)



WaM 2020



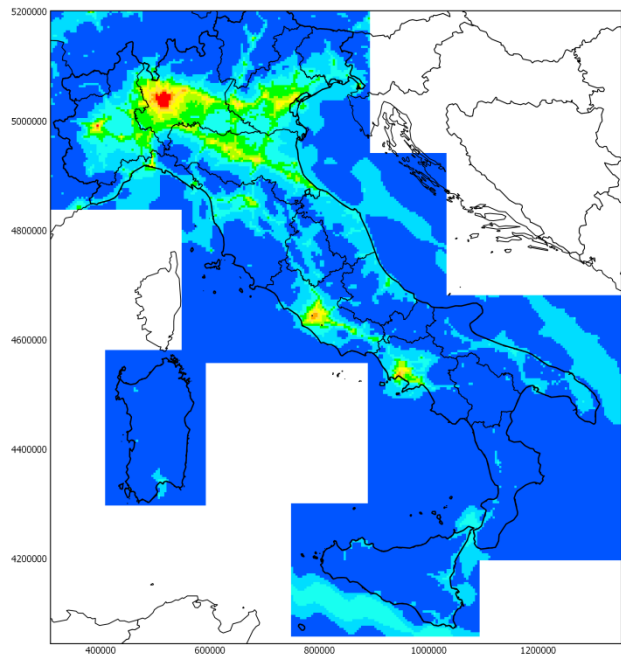
differenza (microg/m3)



WAM 2020 - anno base 2010

anno base 2010

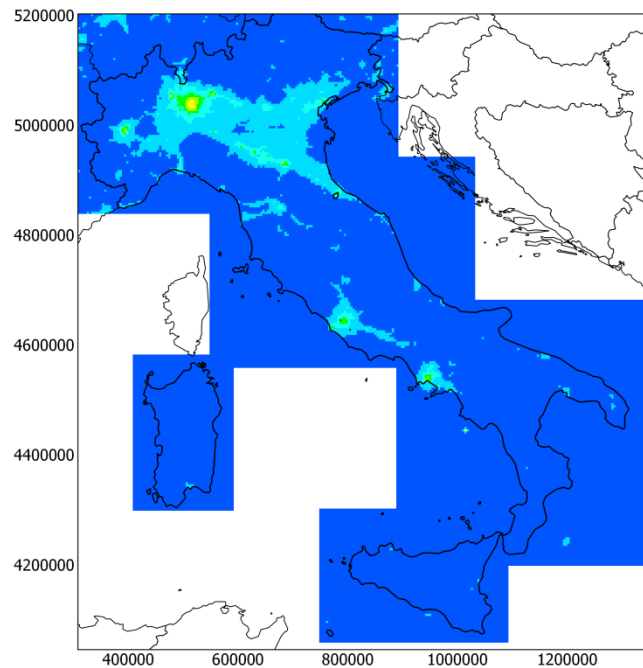
Figura 50 – WAM 2020, NO₂.



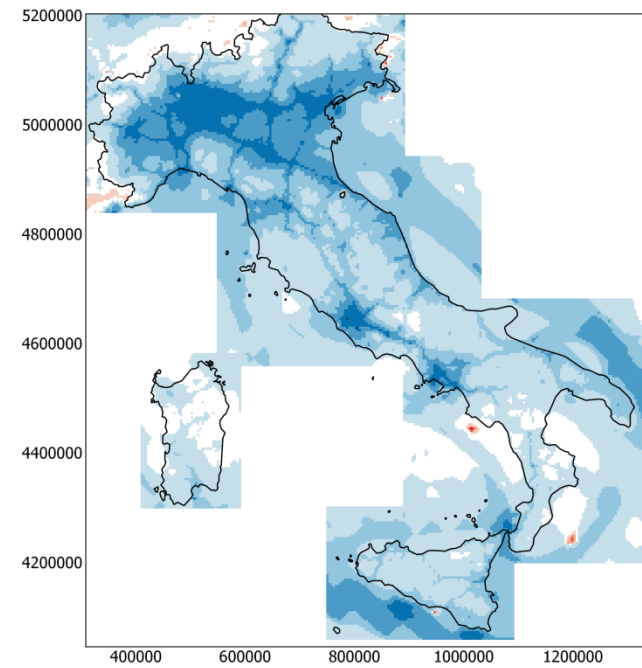
NO2 (microg/m3)

- 0-5
- 5-10
- 10-15
- 15-20
- 20-25
- 25-30
- 30-35
- 35-40
- >40

anno base 2010



wam 2030

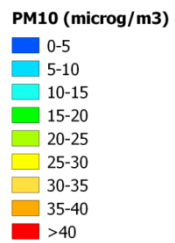
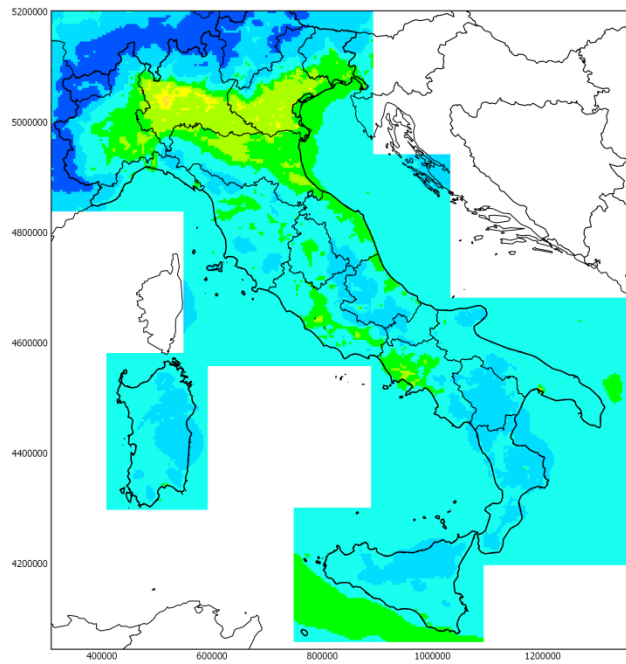


differenza (microg/m3)

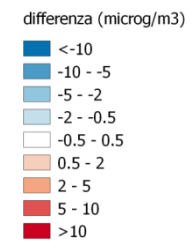
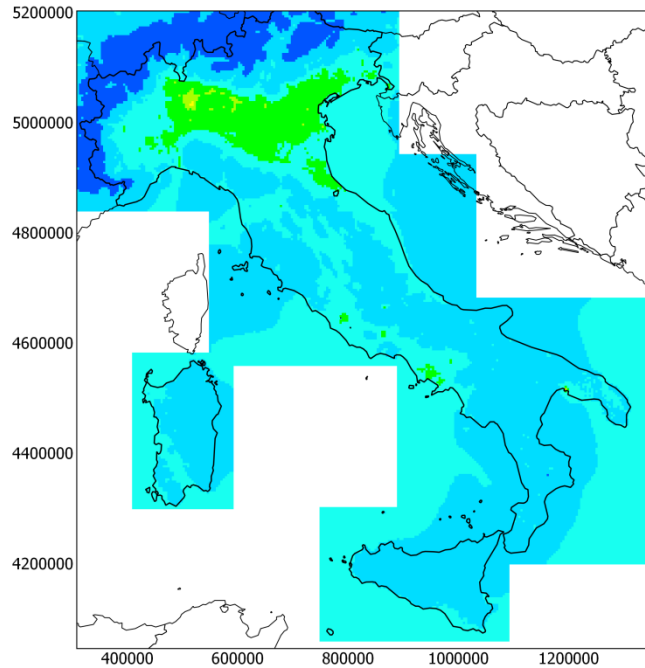
- <-10
- 10 - -5
- 5 - -2
- 2 - -0.5
- 0.5 - 0.5
- 0.5 - 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- >10

WAM 2030 - anno base 2010

Figura 51 – WAM 2030, NO₂.



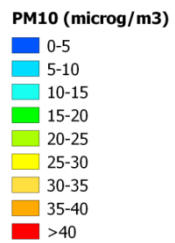
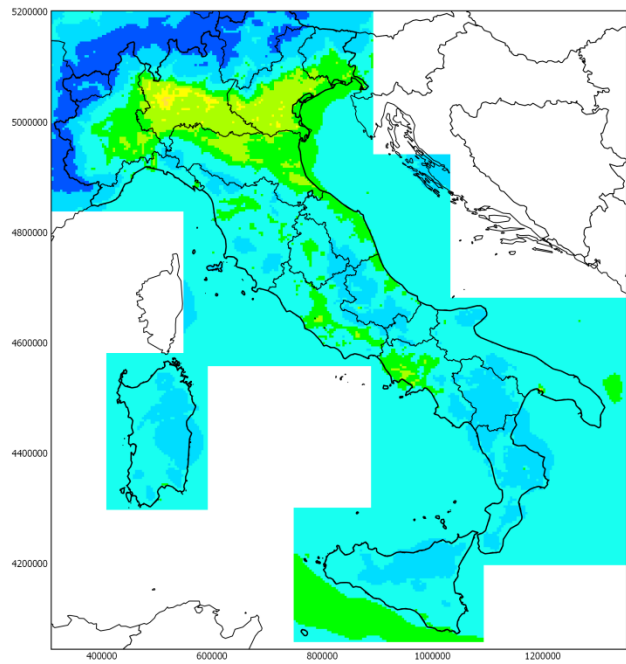
wAm 2020



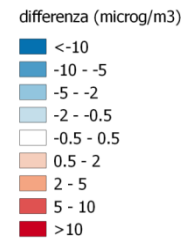
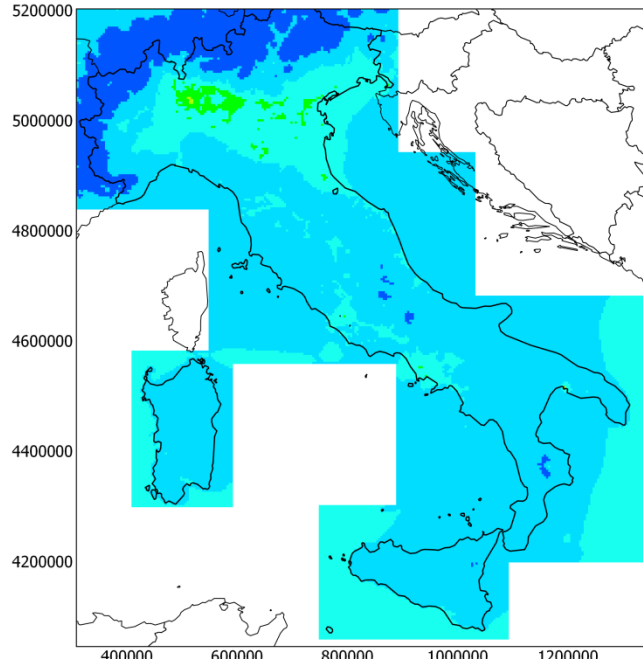
WAM 2020 - anno base 2010

anno base 2010

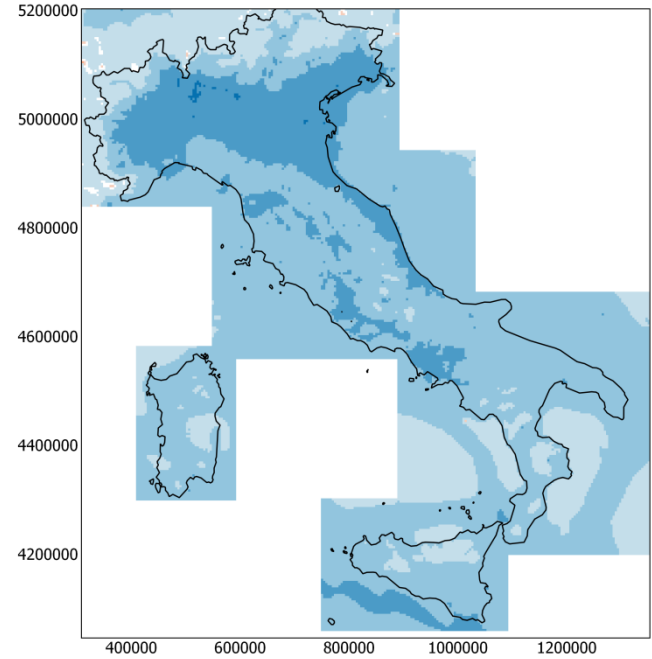
Figura 52 – WAM 2020, PM₁₀.



wAm 2030

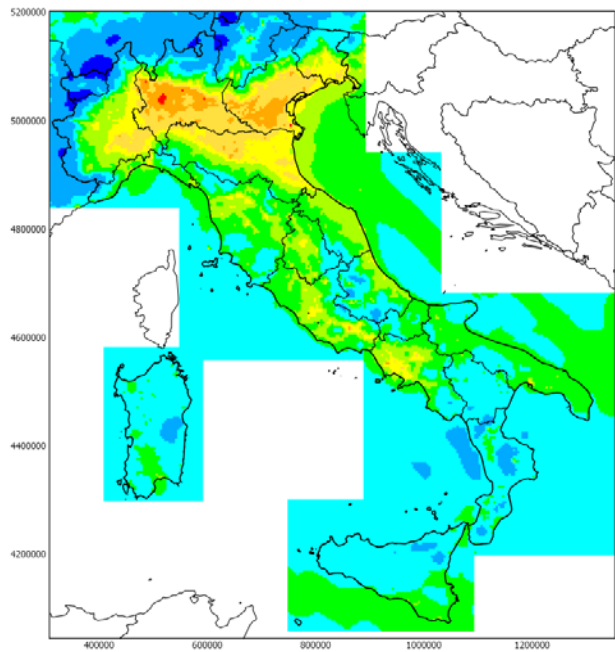


WAM 2030 - anno base 2010



anno base 2010

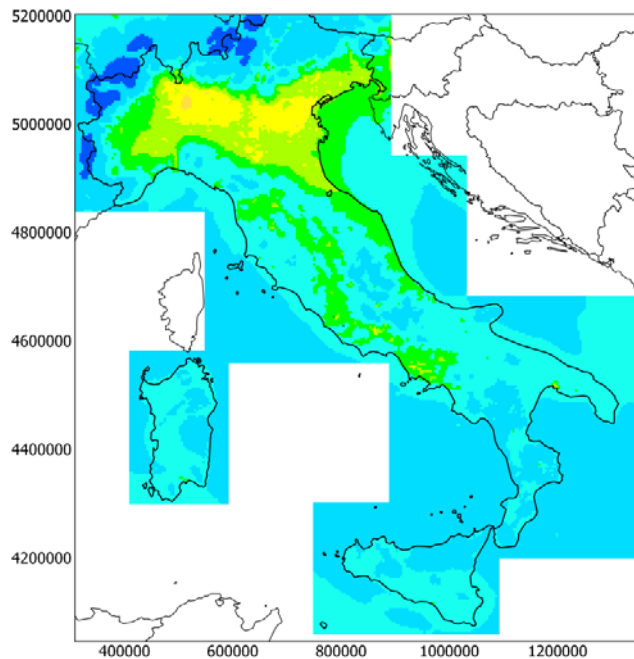
Figura 53 – WAM 2030, PM₁₀.



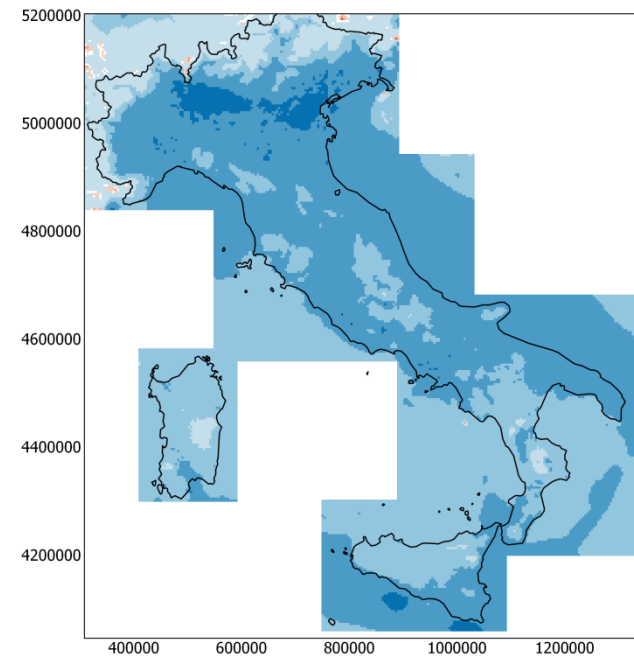
PM2.5 (microg/m3)

- 0-3
- 3-6
- 6-9
- 9-12
- 12-15
- 15-18
- 18-21
- 21-25
- >25

anno base 2010



wAm 2020

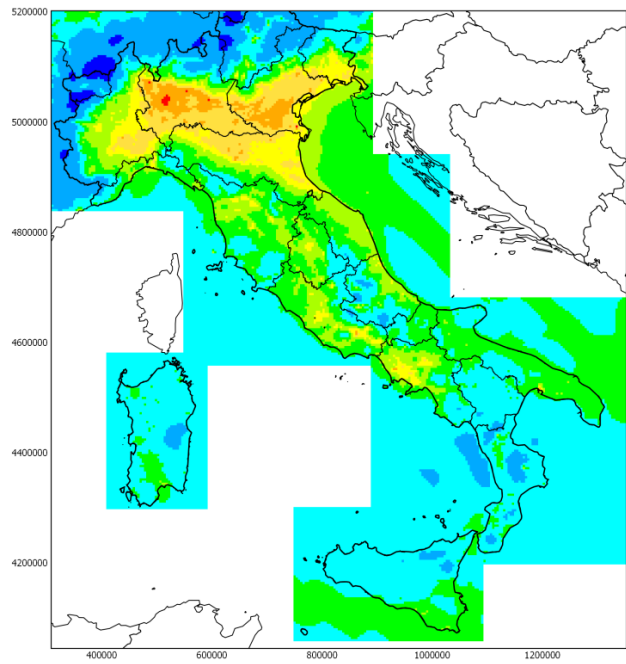


differenza (microg/m3)

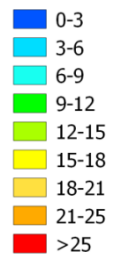
- <-5
- 5 - -2
- 2 - -1
- 1 - -0.1
- 0.1 - 0.1
- 0.1 - 1
- 1 - 2
- 2 - 5
- >5

WAM 2020 - anno base 2010

Figura 54 – WAM 2020, PM_{2.5}.

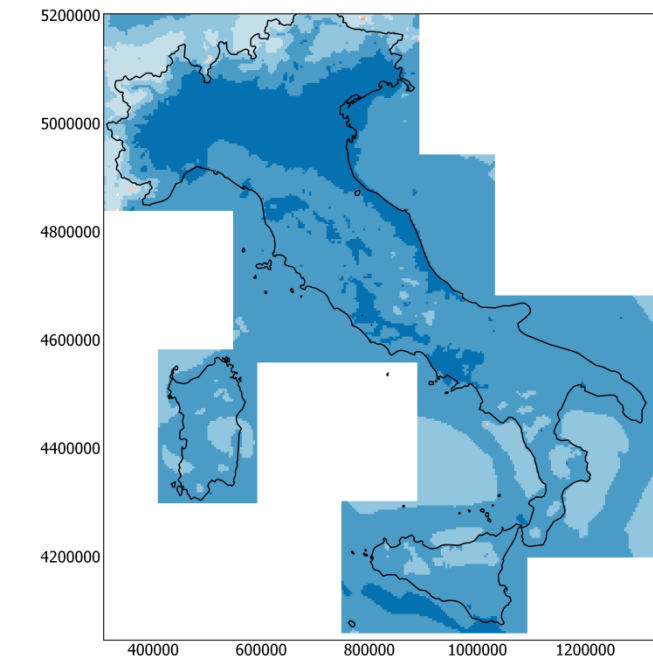
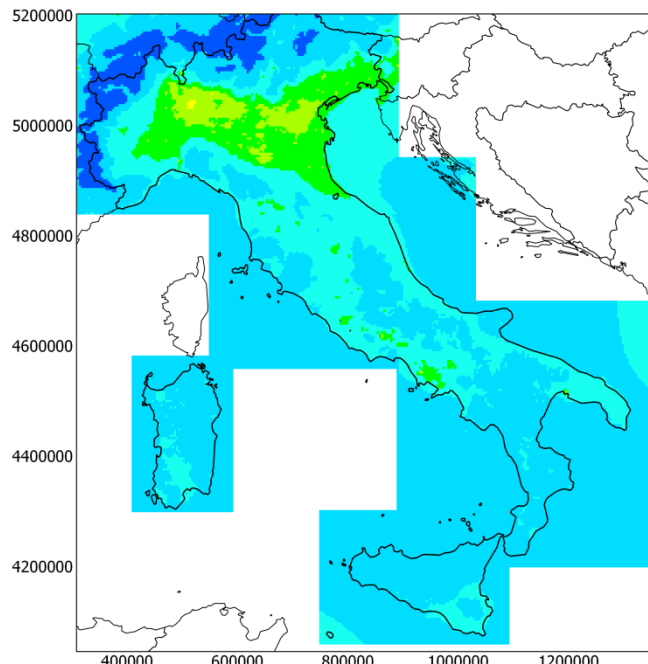


PM2.5 (microg/m3)

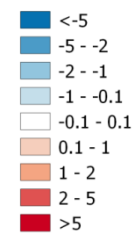


anno base 2010

wAm 2030

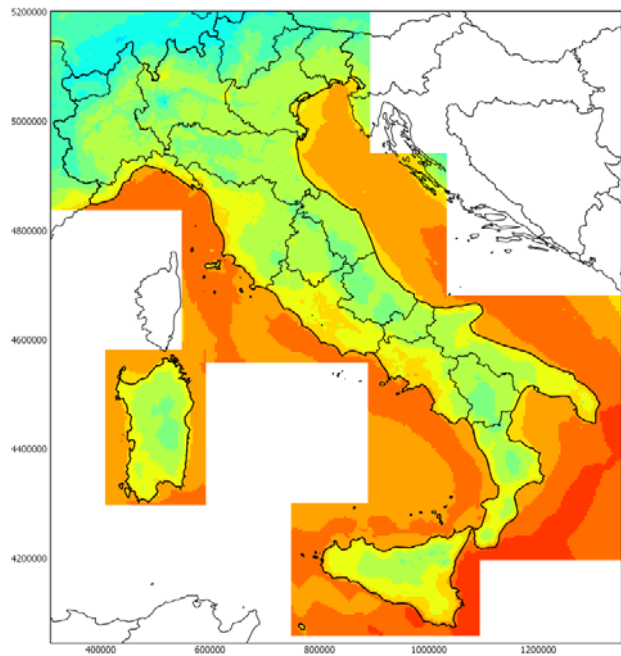


differenza (microg/m3)

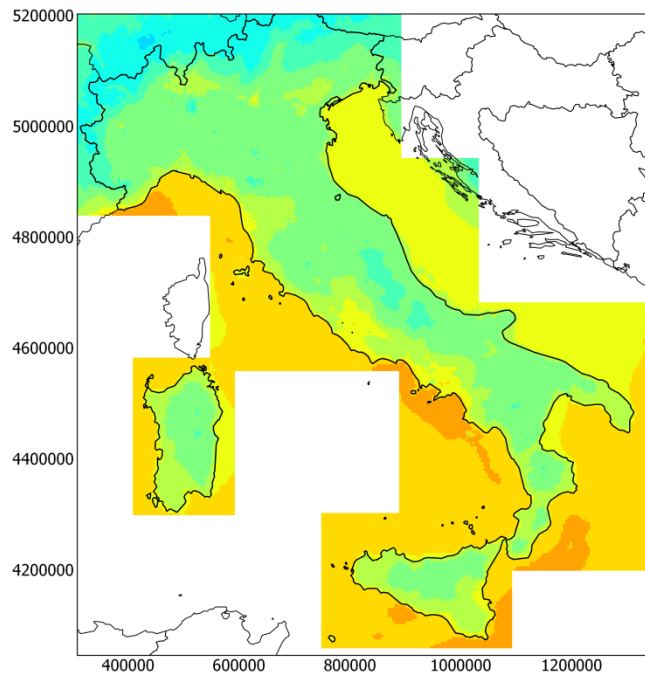


WAM 2030 - anno base 2010

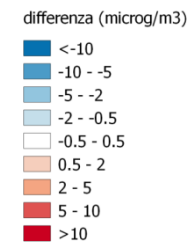
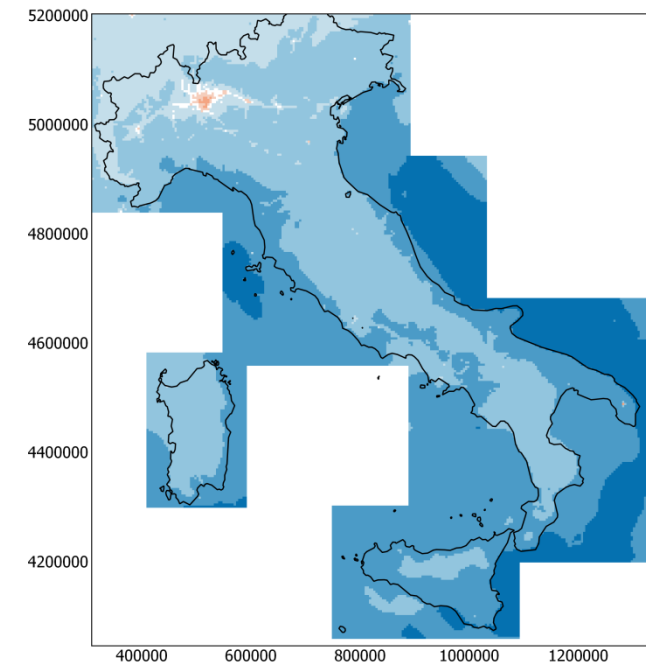
Figura 55 – WAM 2030, PM_{2.5}.



anno base 2010

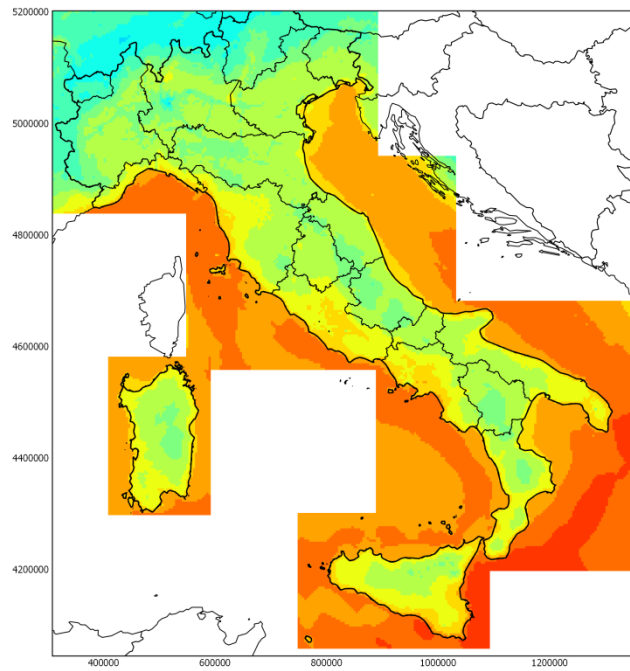


wAm 2020

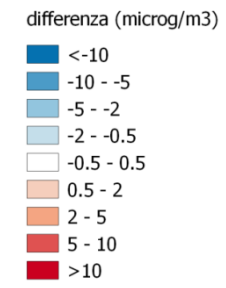
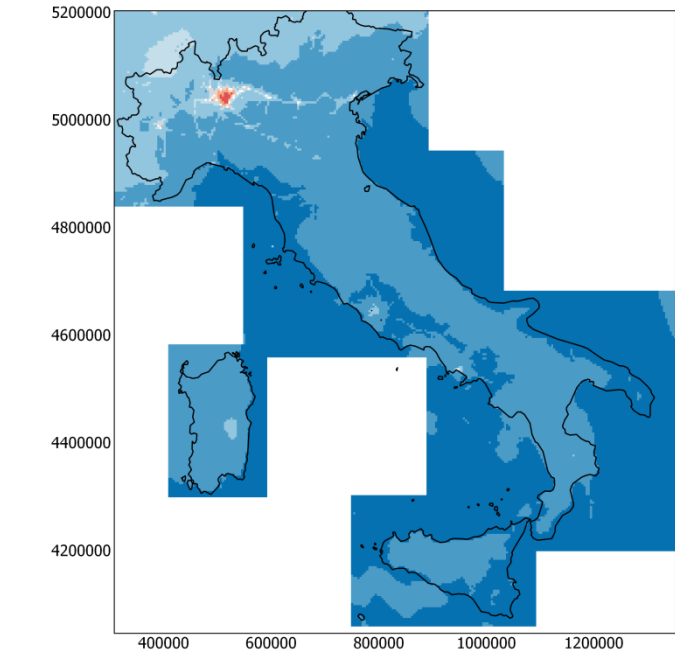
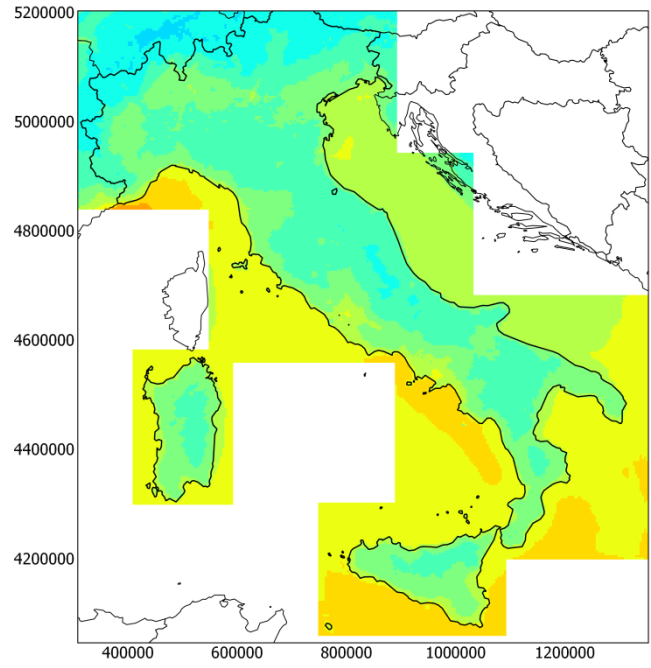


WAM 2020 - anno base 2010

Figura 56 – WAM 2020, O₃.



wAm 2030



WAM 2020 - anno base 2010

anno base 2010

Figura 57 – WAM 2030, O₃.

7.2 Mappe di percentili di concentrazioni orarie e giornaliere

Il decreto legislativo 155/2010 prevede:

- per l' SO_2 che il valore orario di concentrazione in aria non superi la soglia di $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per più di 24 volte in un anno (valore limite);
- per l' SO_2 che il valore giornaliero di concentrazione in aria non superi la soglia di $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per più di 3 volte in un anno (valore limite);
- per l' NO_2 che il valore orario di concentrazione in aria non superi la soglia di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per più di 18 volte in un anno (valore limite);
- per il PM_{10} , che il valore medio giornaliero di concentrazione in aria non superi la soglia di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per più di 35 volte in un anno (valore limite);
- per O_3 , che il massimo giornaliero delle medie mobili su 8 ore possa superare la soglia di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al massimo per 25 volte in un anno (valore obiettivo per la protezione della salute umana).

Nel presente contesto si farà riferimento ai soli inquinanti normati dalla Direttiva NEC, escludendo quindi l' SO_2 per il quale il rispetto dei limiti di legge è comunque consolidato.

Nelle figure a seguire, per l' NO_2 le mappe rappresentano i valori di concentrazione calcolati in ciascuna cella come 19° valore più elevato sulla serie delle medie orarie (99.8° percentile); le aree di colore rosso, al di sopra di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, individuano le zone in cui non è rispettato il limite di legge.

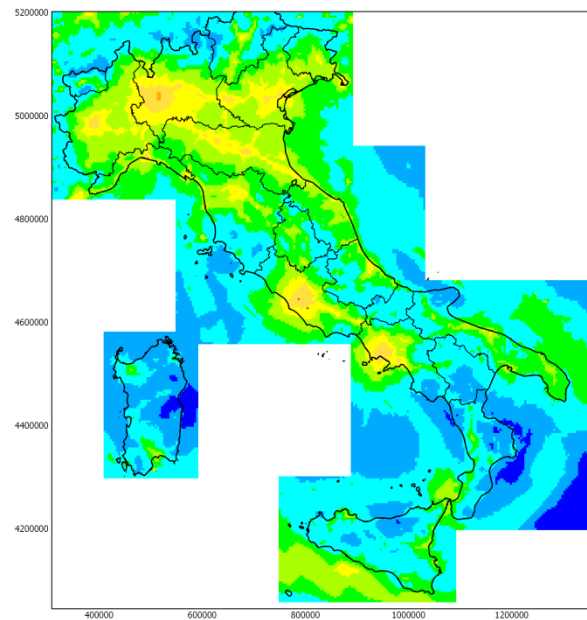
Per il PM_{10} , sono tracciati i valori di concentrazione calcolati, in ciascuna cella del dominio di calcolo, come 36° valore più alto sulle serie delle medie giornaliere di concentrazione (90.4° percentile): le aree di colore rosso/marrone, al di sopra di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, individuano le zone in cui non è rispettato il limite di legge. Per O_3 , sono tracciati i valori di concentrazione calcolati come 26° valore più elevato sulle serie temporali dei massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore (93.2° percentile): le aree di colore rosso/marrone, al di sopra di $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, individuano le zone in cui non è rispettato il limite di legge.

Per quanto riguarda l' NO_2 , la simulazione a 4 km di risoluzione spaziale non riesce a rappresentare le situazioni di picco che si verificano su stazioni di traffico, in più su base oraria. Si conferma solo che le criticità di questo indicatore riguardano le principali aree urbane e che lo scenario WM tende ad attenuarle ma non ad eliminarle. Lo scenario WAM appare più efficace ma solo all'anno 2030 quando è stata introdotta una quota rilevante di autovetture elettriche.

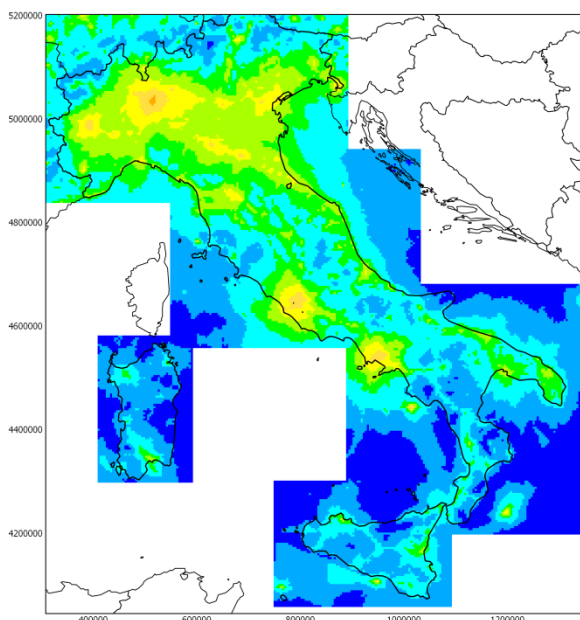
Per PM_{10} , nell'anno 2010, risulta evidente come le aree di criticità siano le stesse del limite della media annuale, in particolare Milano, ma anche altre aree della pianura padana. Alcune coinvolgono diverse celle modellistiche (aree urbane di Bergamo-Brescia, Verona, Vicenza, Padova-Mestre, Reggio Emilia), altre coprono una o due celle modellistiche in corrispondenza del centro della città coinvolta. Nei due scenari futuri, i valori critici diminuiscono in numero ed estensione delle aree.

Per O₃, i superamenti giornalieri modellistici mostrano una distribuzione molto diversa rispetto alla media annuale. Nell'anno 2010, il limite di legge sui dati simulati appare superato sull'intera Pianura Padana, comprese molte aree prealpine e appenniniche, su buona parte di Toscana, Lazio e Campania, su tutte le aree costiere. I valori più alti sono nella Lombardia occidentale.

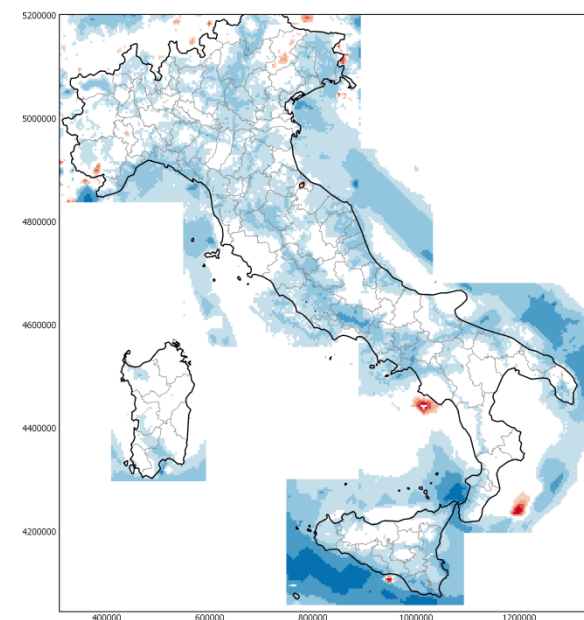
Nei due scenari futuri, i superamenti modellistici diminuiscono notevolmente in numero e estensione delle aree ma il WAM tende a comportarsi in modo simile al WM tranne che nelle aree marittime. Nel 2030 sia per WM che WAM tende a permanere soltanto una zona di superamento modellistico, nell'area di Milano, mentre i superamenti modellistici sul mare indicano percentili vicini al limite di legge in alcune aree costiere (Liguria-Toscana, Lazio-Campana, Veneto-Emilia Romagna).



ANNO BASE 2010

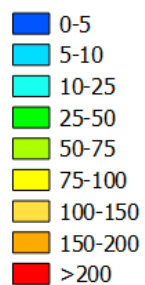


WM 2020



WM 2020 - ANNO BASE 2010

NO2 (microg/m3)



differenza (microg/m3)

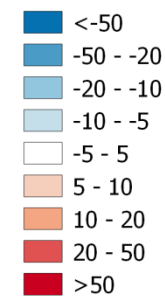
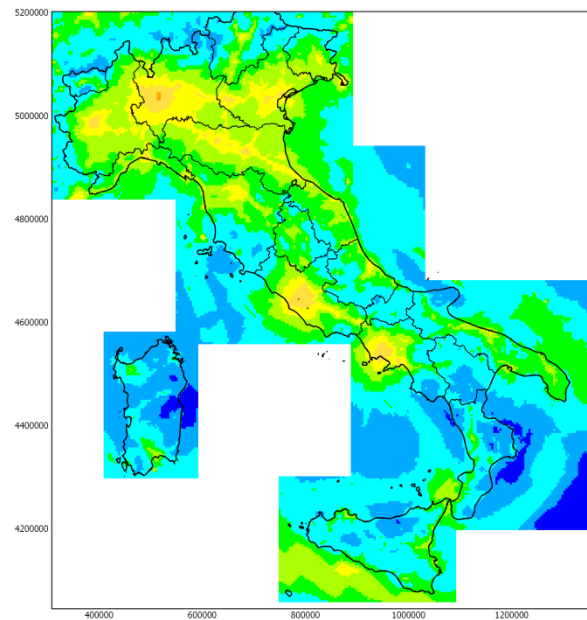
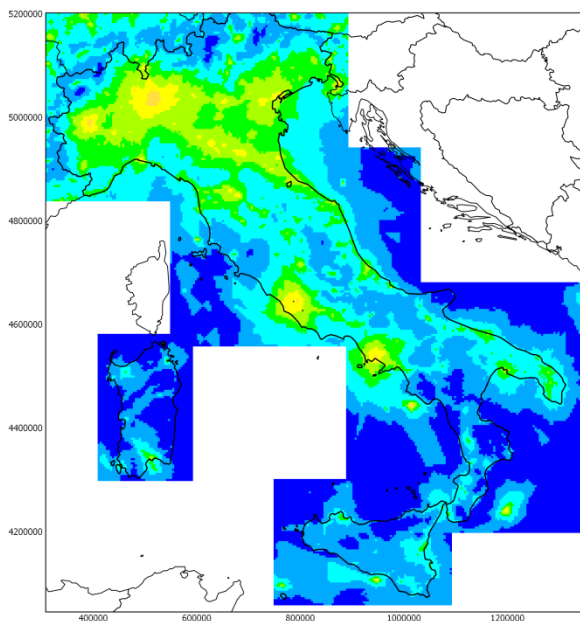


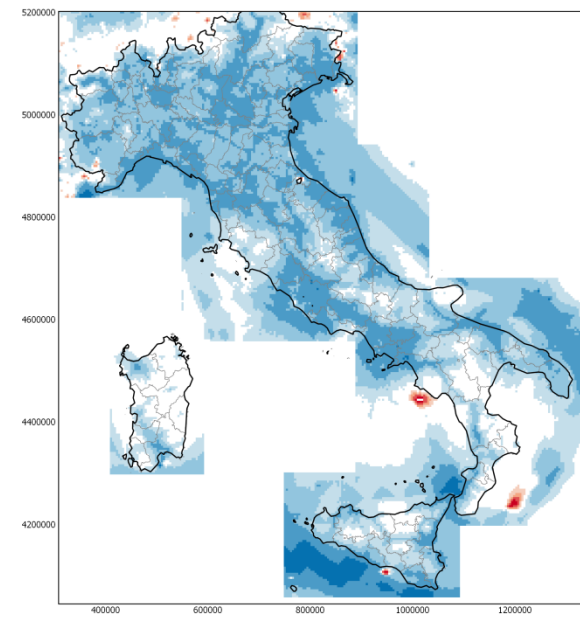
Figura 58 – 2020 WM, NO₂, 19° valore più elevato sulla serie temporale dei valori orari. Differenza rispetto all'anno base.



ANNO BASE 2010

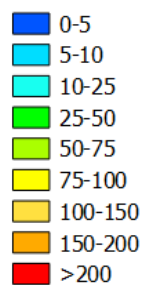


WM 2030



WM 2030 - ANNO BASE 2010

NO2 (microg/m3)



differenza (microg/m3)

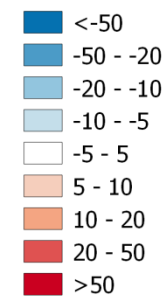
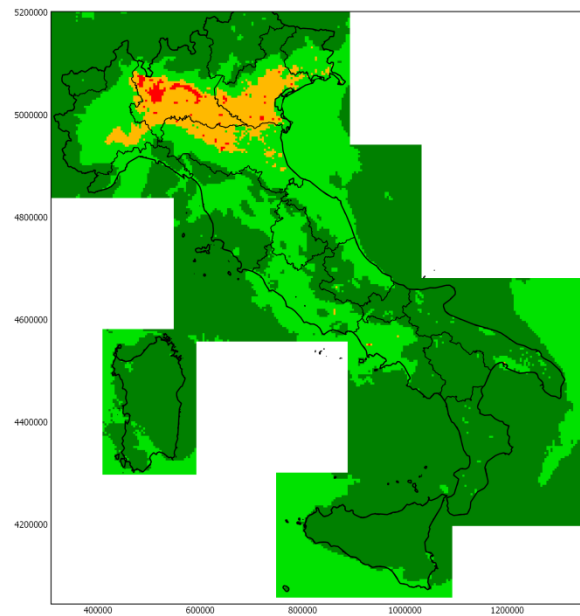
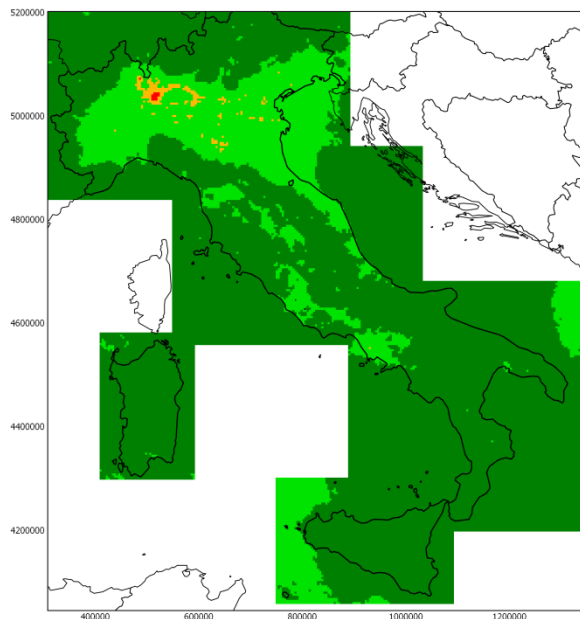


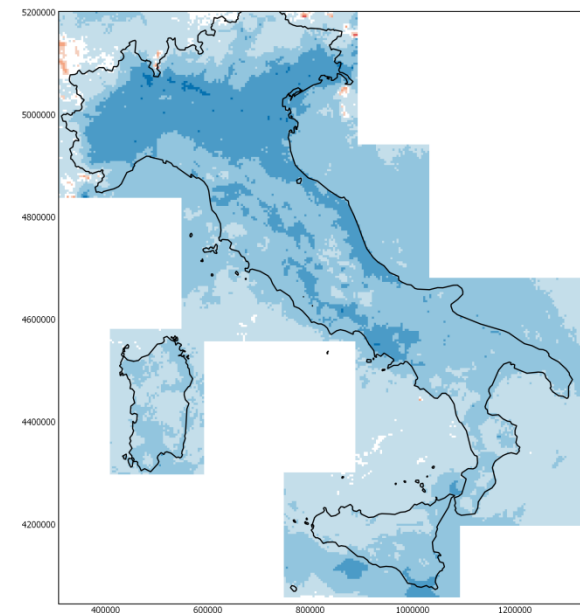
Figura 59 – 2030 WM, NO₂, 19° valore più elevato sulla serie temporale dei valori orari. Differenza rispetto all'anno base.



ANNO BASE 2010

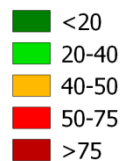


WM 2020



WM 2020 - ANNO BASE 2010

PM10 - microg/m3



differenza (microg/m3)

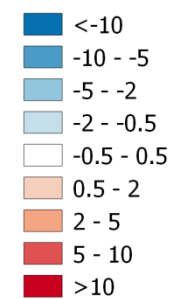
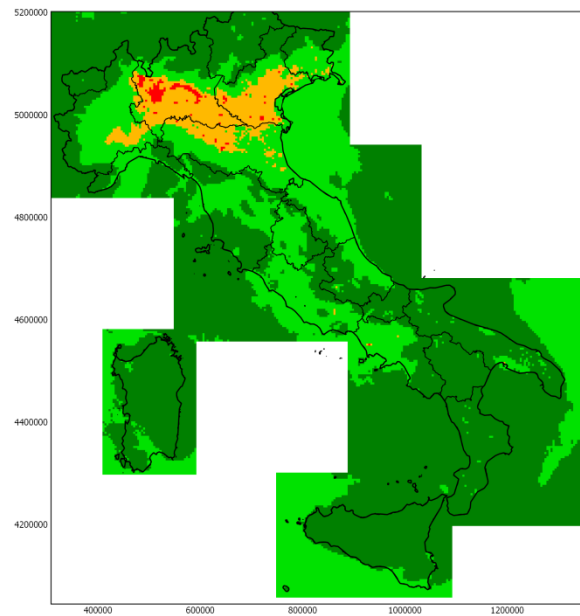
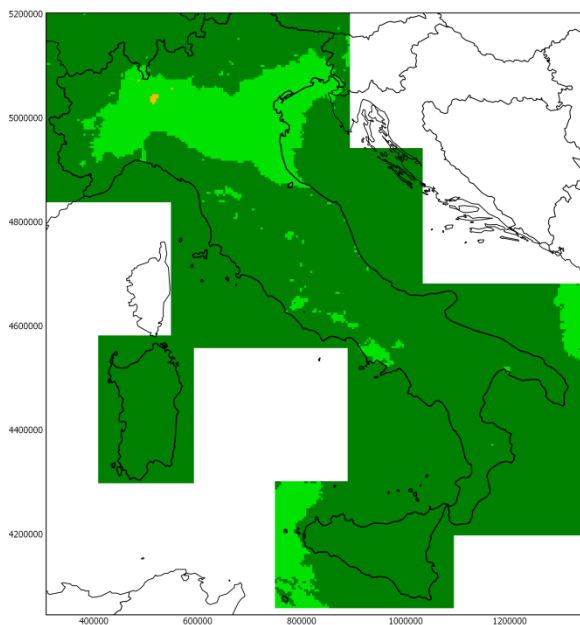


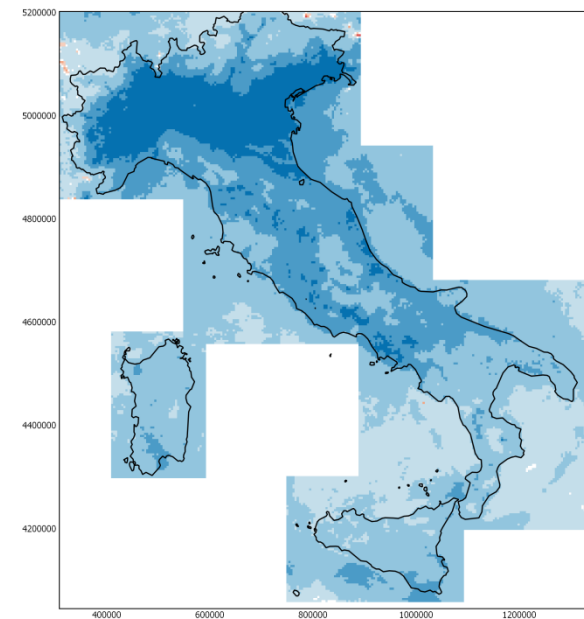
Figura 60 – 2020 WM, PM₁₀, 36° valore più elevato sulla serie temporale dei valori giornalieri. Differenza rispetto all'anno base.



ANNO BASE 2010

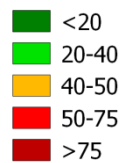


WM 2030



WM 2030 - ANNO BASE 2010

PM10 - microg/m3



differenza (microg/m3)

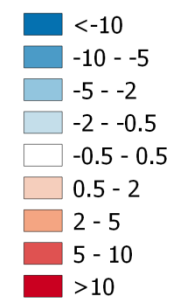
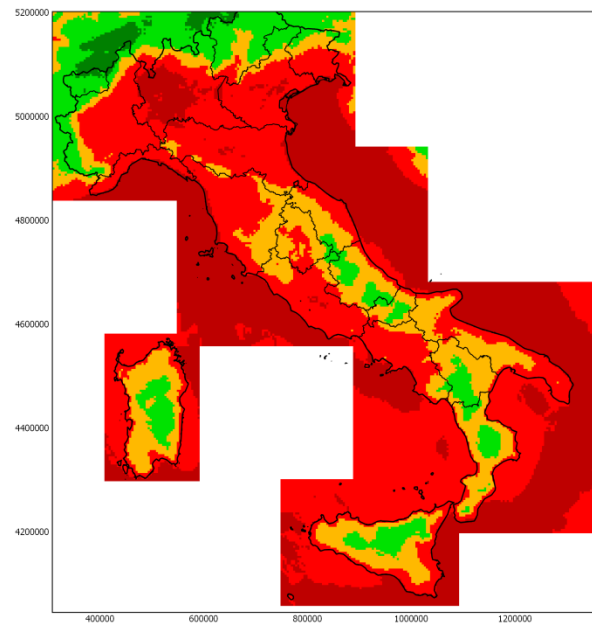
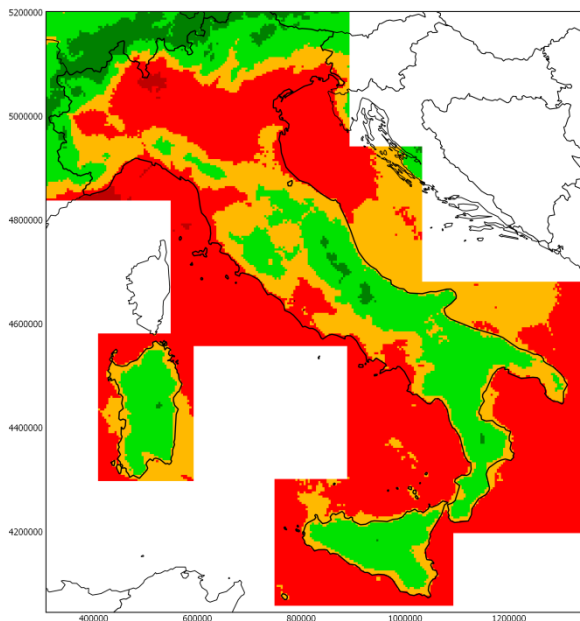


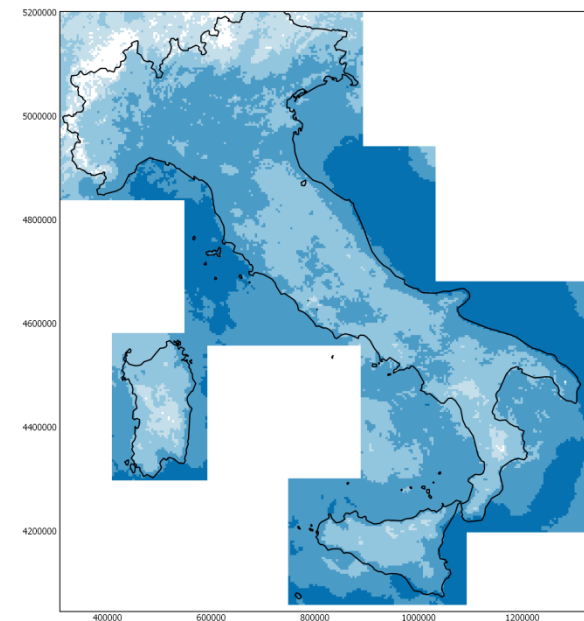
Figura 61 – 2030 WM, PM₁₀, 36° valore più elevato sulla serie temporale dei valori giornalieri. Differenza rispetto all'anno base.



ANNO BASE 2010

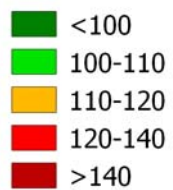


WM 2020



WM 2020 - ANNO BASE 2010

O3 - microg/m3



differenza (microg/m3)

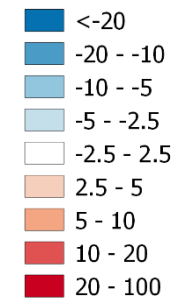
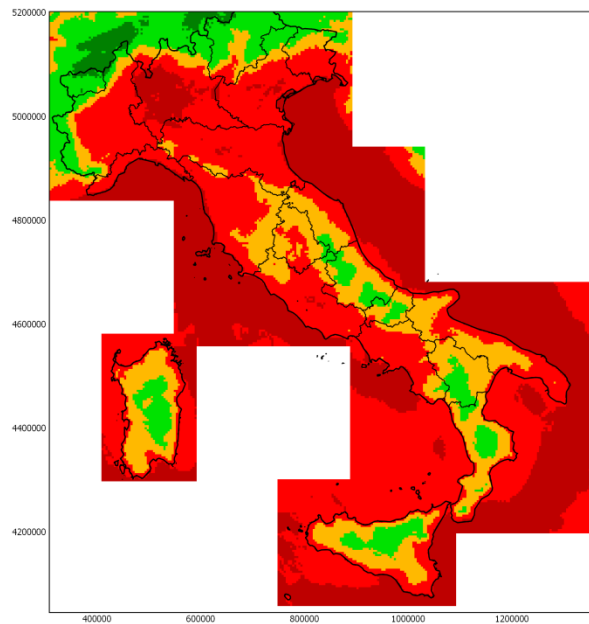
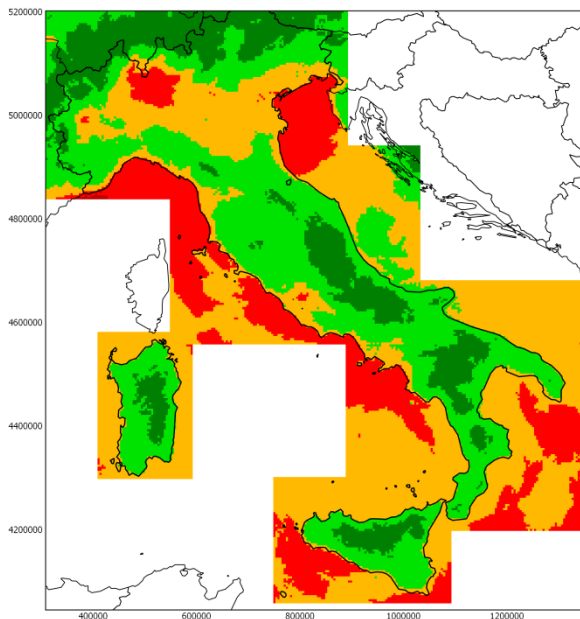


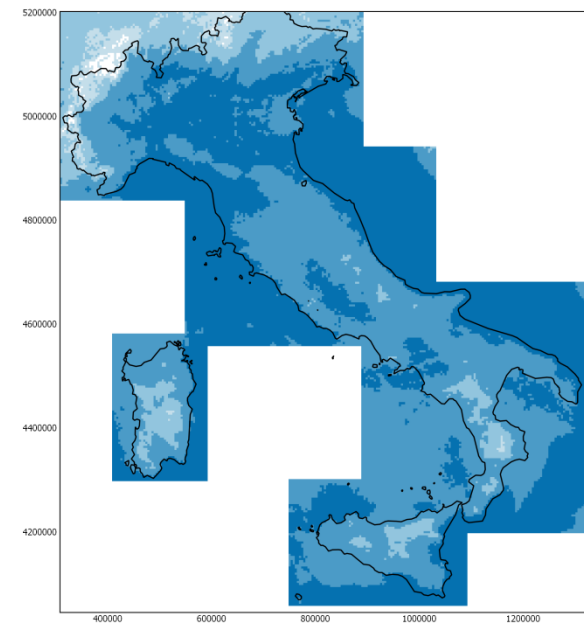
Figura 62 – 2020 WM, O₃, 26° valore più elevato sulla serie temporale dei massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore. Differenza rispetto all'anno base.



ANNO BASE 2010

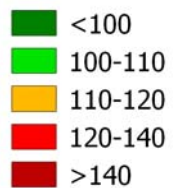


WM 2030



WM 2030 - ANNO BASE 2010

O3 - microg/m3



differenza (microg/m3)

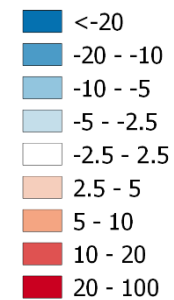
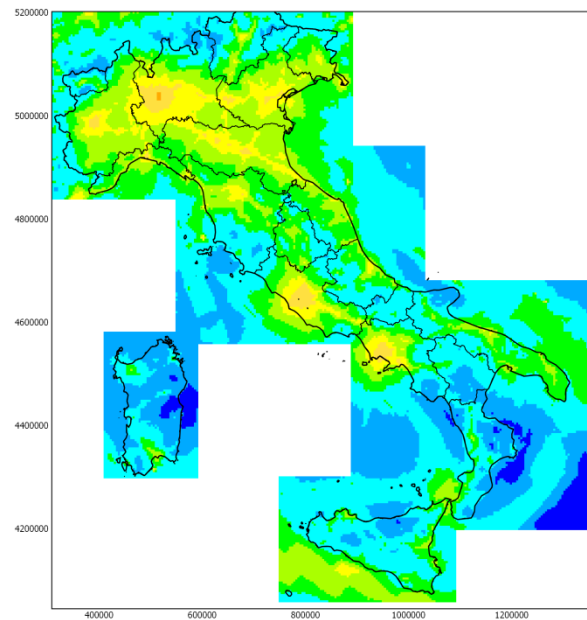
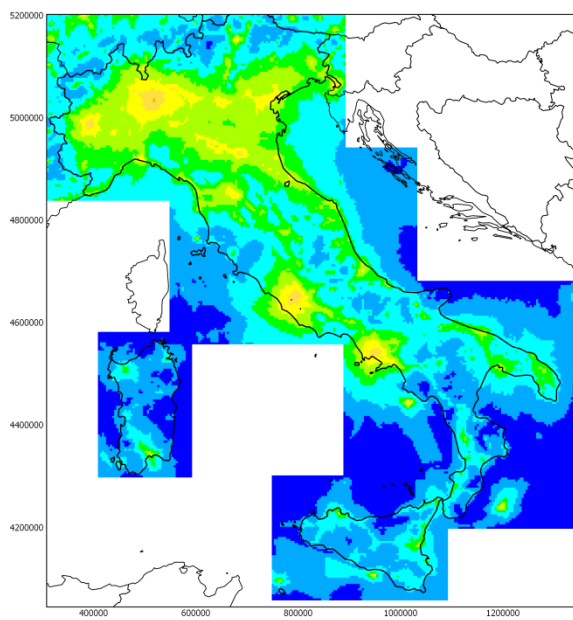


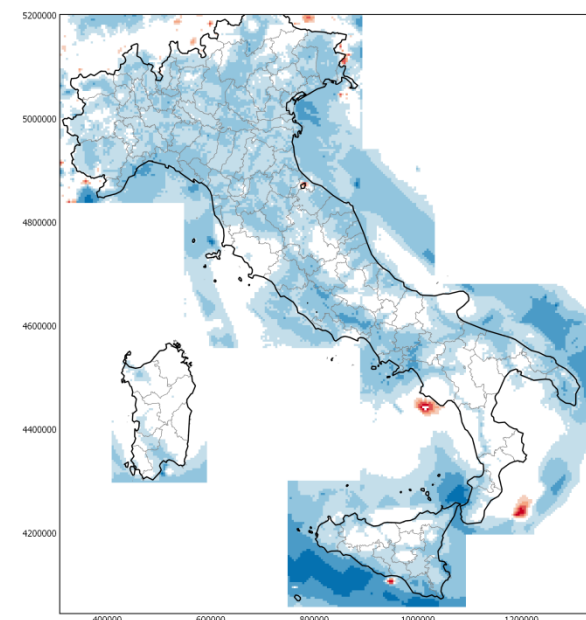
Figura 63 – 2030 WM, O₃, 26° valore più elevato sulla serie temporale dei massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore. Differenza rispetto all'anno base.



ANNO BASE 2010

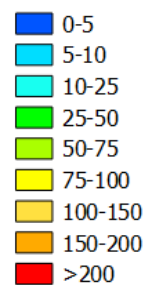


WAM 2020



WAM 2020 - ANNO BASE 2010

NO₂ (microg/m³)



differenza (microg/m³)

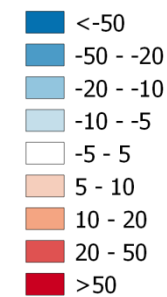
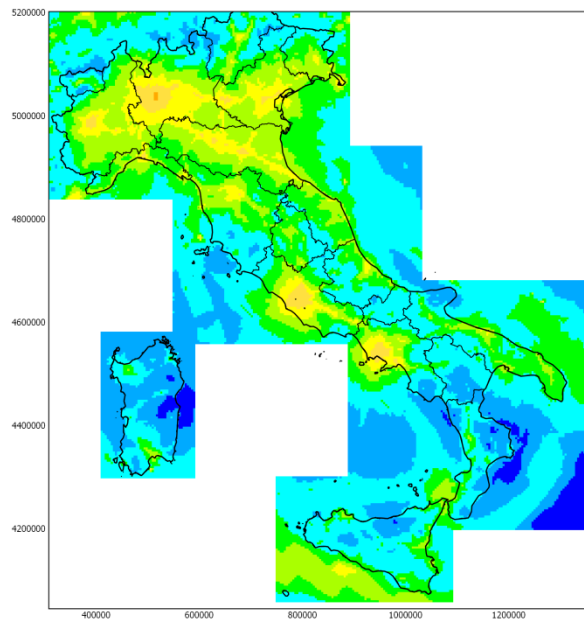
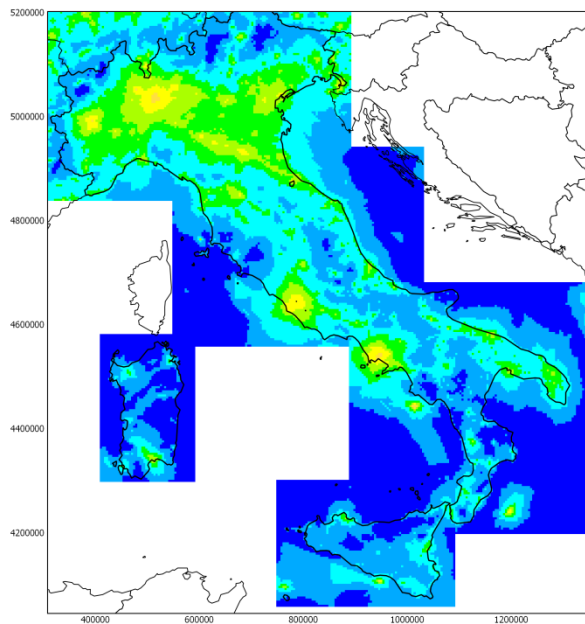


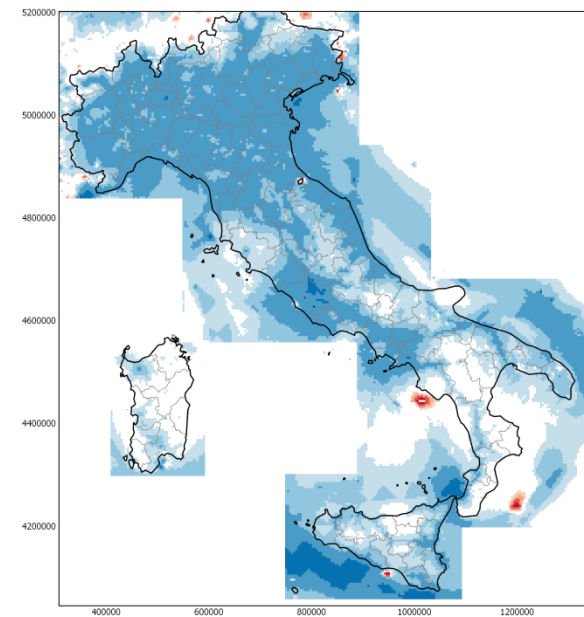
Figura 64 – 2020 WAM, NO₂, 19° valore più elevato sulla serie temporale dei valori orari. Differenza rispetto all'anno base.



ANNO BASE 2010

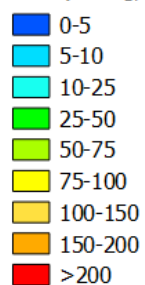


WAM 2030



WAM 2030 - ANNO BASE 2010

NO2 (microg/m3)



differenza (microg/m3)

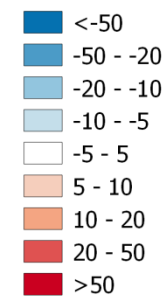
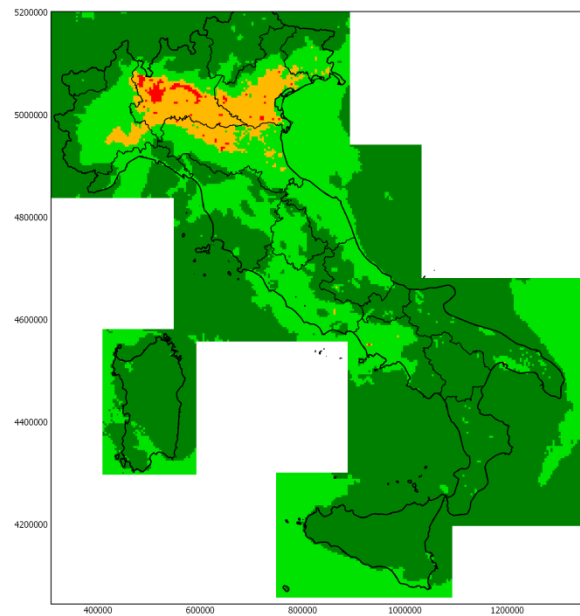
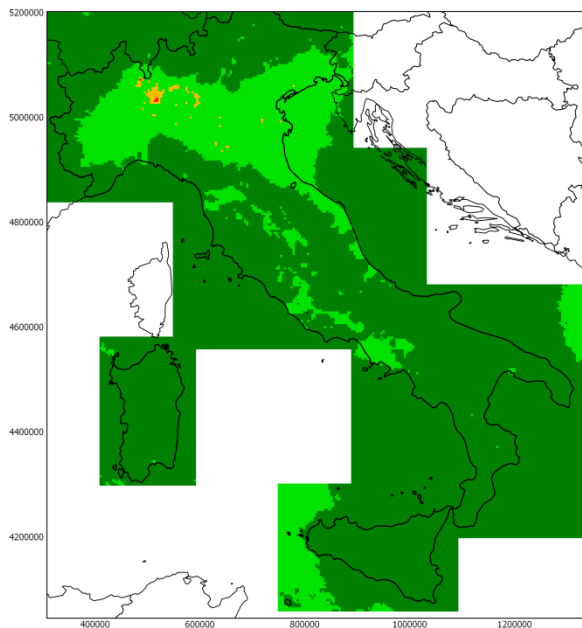
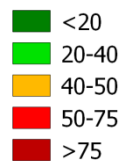


Figura 65 – 2030 WAM, NO₂, 19° valore più elevato sulla serie temporale dei valori orari. Differenza rispetto all'anno base.

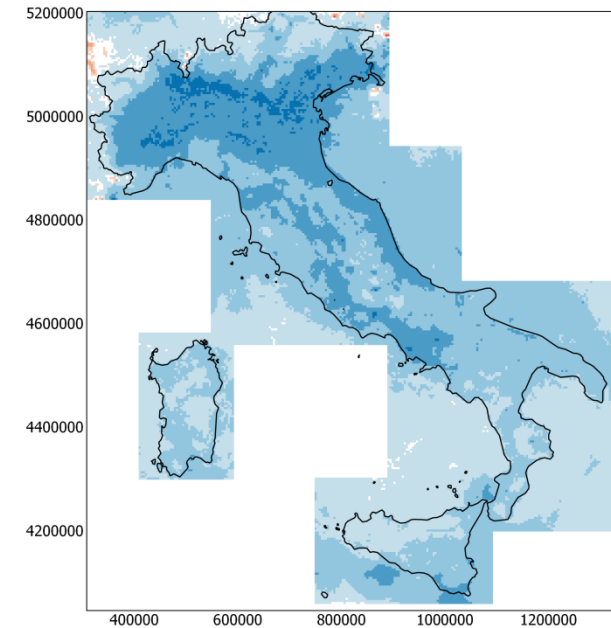


ANNO BASE 2010

PM10 - microg/m3



WAM 2020



WAM 2020 - ANNO BASE 2010

differenza (microg/m3)

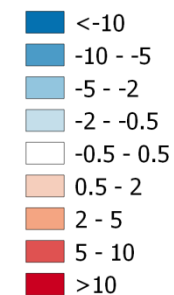
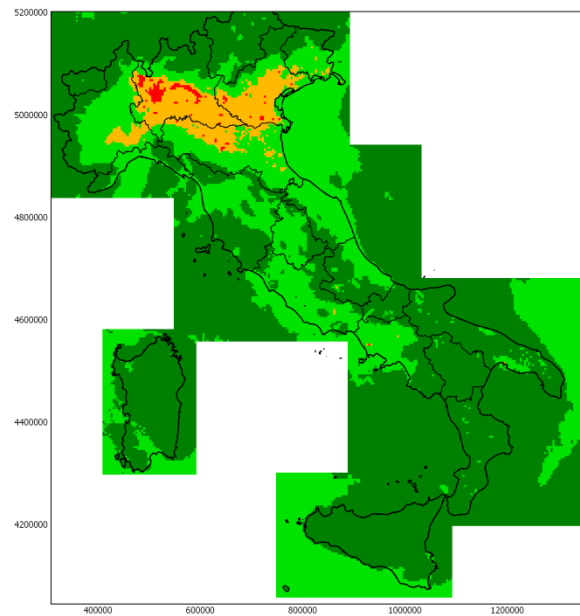
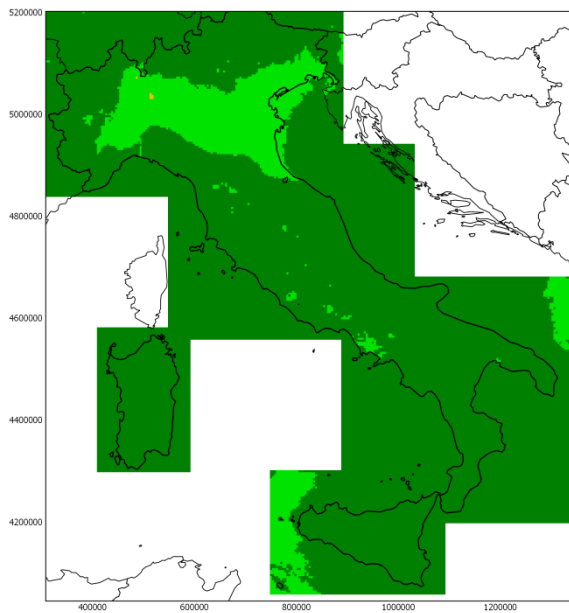


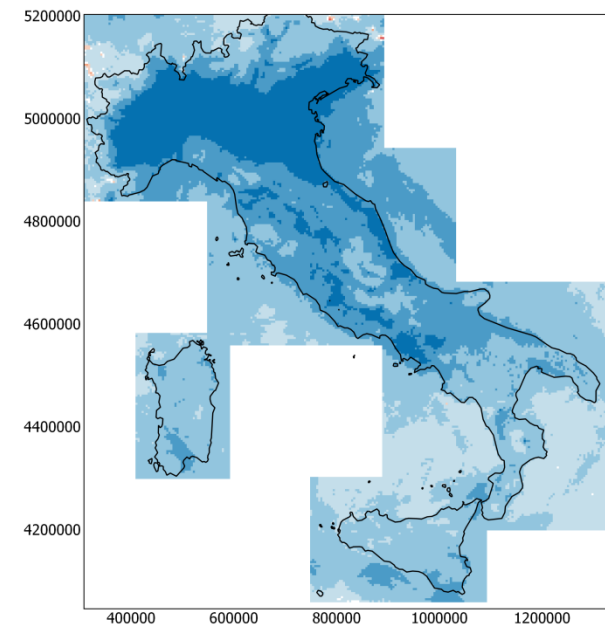
Figura 66 – 2020 WAM, PM₁₀, 36° valore più elevato sulla serie temporale dei valori giornalieri. Differenza rispetto all'anno base.



ANNO BASE 2010



WAM 2030



WAM 2030 - ANNO BASE 2010

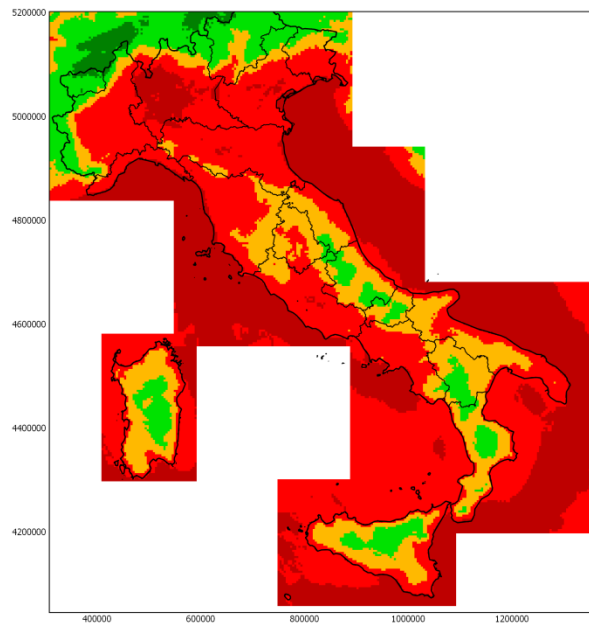
PM10 - microg/m3

- <20
- 20-40
- 40-50
- 50-75
- >75

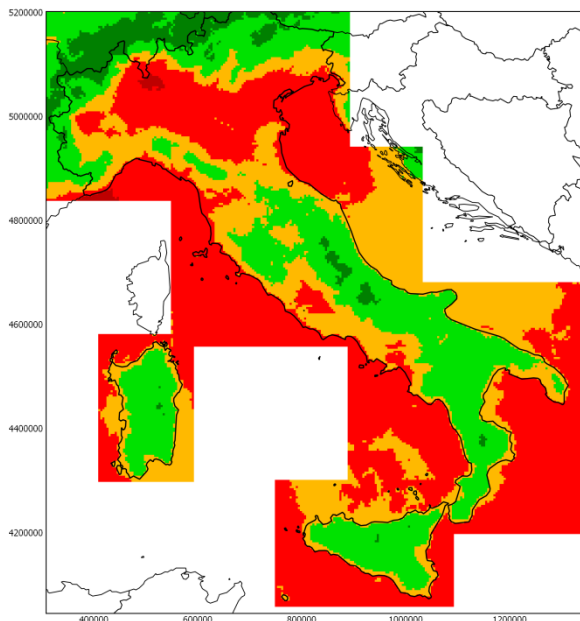
differenza (microg/m3)

- <-10
- 10 - -5
- 5 - -2
- 2 - -0.5
- 0.5 - 0.5
- 0.5 - 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- >10

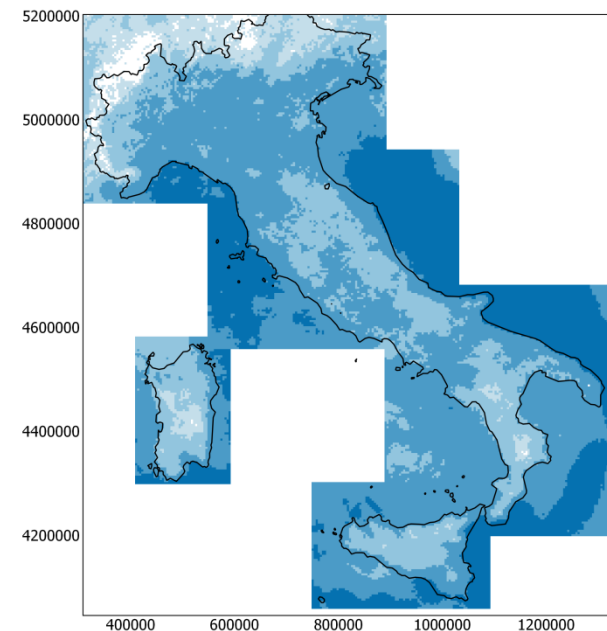
Figura 67 – 2030 WAM, PM₁₀, 36° valore più elevato sulla serie temporale dei valori giornalieri. Differenza rispetto all'anno base.



ANNO BASE 2010

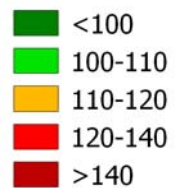


WAM 2020



WAM 2020 - ANNO BASE 2010

O₃ - microg/m³



differenza (microg/m³)

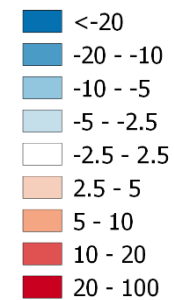
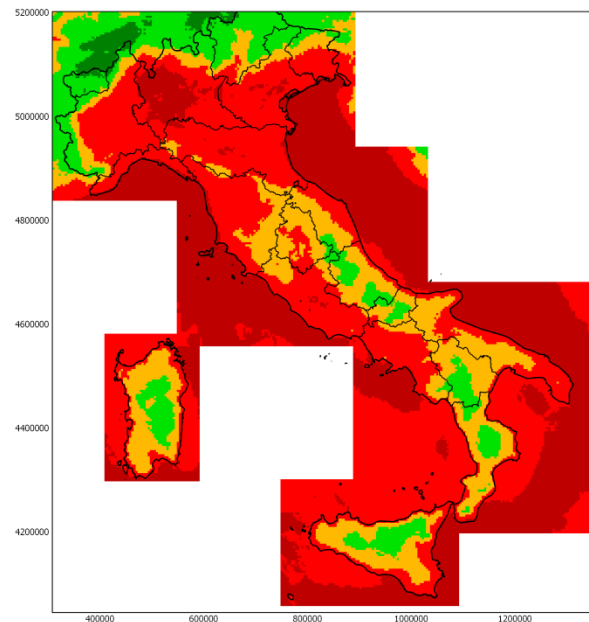
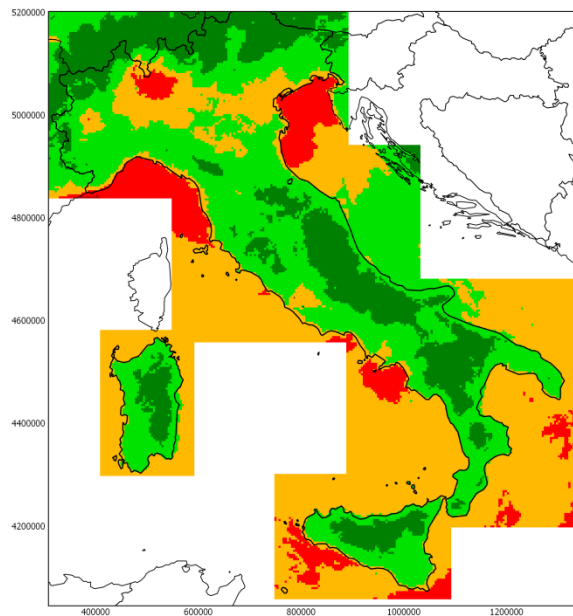


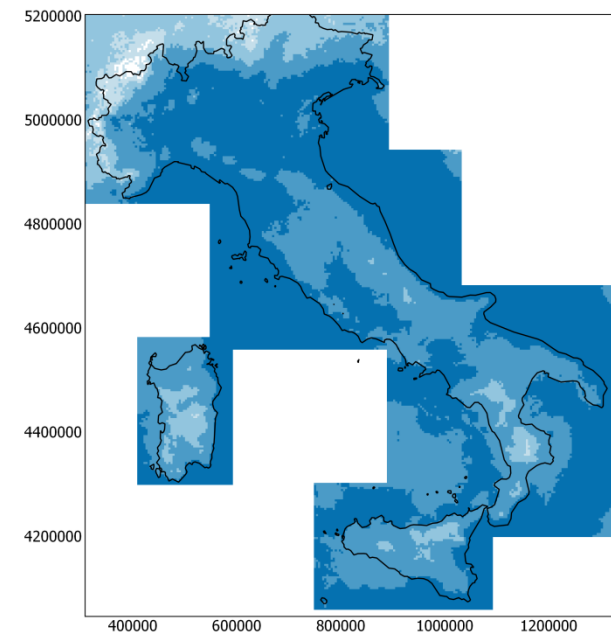
Figura 68 – 2020 WAM, O₃, 26° valore più elevato sulla serie temporale dei massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore. Differenza rispetto all'anno base.



ANNO BASE 2010

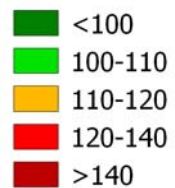


WAM 2030



WAM 2030 - ANNO BASE 2010

O₃ - microg/m³



differenza (microg/m³)

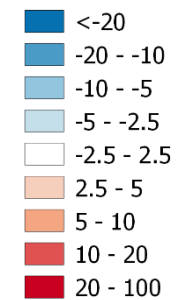


Figura 69 – 2030 WAM, O₃, 26° valore più elevato sulla serie temporale dei massimi giornalieri delle medie mobili su 8 ore. Differenza rispetto all'anno base.

8. Misure selezionate per l'adozione

Gli scenari emissivi prodotti per il 2020, i cui risultati sono descritti nel capitolo 6, mostrano che tutti gli obiettivi di riduzione al 2020 saranno raggiunti nello scenario WM.

In questo capitolo si descrivono, pertanto, le misure di riduzione selezionate al fine di perseguire gli obiettivi di riduzione del 2030.

Coerentemente con quanto richiesto dalla direttiva NEC, fatta eccezione del settore agricoltura, le misure di riduzione prese in considerazione sono coerenti con quelle valutate nel corso della elaborazione del Piano Energia e clima. Sono state, pertanto, selezionate le misure utili al raggiungimento degli obiettivi nazionali stabiliti dalla SEN e in materia di fonti rinnovabili, efficienza energetica ed emissioni di gas serra al 2020, cui si aggiungono una serie di ulteriori traguardi individuati dalla strategia stessa per il 2030. Tali obiettivi sono perseguiti, in particolare, tramite la dismissione delle centrali termoelettriche alimentate a carbone entro il 2025, il raggiungimento di una quota pari al 55% di fonti rinnovabili nella produzione di energia elettrica, la diffusione di circa 5 milioni di auto elettriche, la forte metanizzazione del trasporto merci sia su strada che navale, la riduzione delle emissioni di gas serra nel settore non ETS del 33% rispetto ai livelli del 2005.

Per quanto riguarda le riduzioni di ammoniaca dal settore Agricoltura, le misure sono state concordate con il Ministero delle politiche agricole alimentari forestali e del turismo (MIPAAFT) e sono relative alla maggiore diffusione di buone pratiche agricole. Le indicazioni fornite dal MIPAAFT sono contenute nel "Codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole per il controllo delle emissioni di ammoniaca" che costituisce l'Allegato al presente documento. In questa sede si riportano le misure obbligatorie individuate al fine di raggiungere, a livello nazionale, l'obiettivo di riduzione del 16% delle emissioni di ammoniaca.

Ulteriori misure facoltative potranno essere adottate per raggiungere riduzioni aggiuntive delle emissioni o in alternativa alle misure obbligatorie qualora esse non siano realizzabili o risultino di difficile realizzazione dal punto di vista tecnico ed economico; le misure facoltative potranno essere adottate purché gli interventi scelti garantiscano, complessivamente, una riduzione delle emissioni equivalente o superiore a quella ottenibile tramite l'applicazione delle misure obbligatorie. Qualora le misure facoltative utilizzate appartengano ad una fase produttiva aziendale diversa da quella individuata per la misura obbligatoria, l'equivalenza della riduzione delle emissioni dovrà risultare dal bilancio dell'azoto aziendale. Tali misure facoltative sono elencate, suddivise per settore di intervento, nell'Allegato al presente documento.

Le misure prese in considerazione per la costruzione degli scenari WAM sono riepilogate nelle tabelle seguenti, che distinguono gli interventi in base al settore. In particolare, in *Tabella 12*, *Tabella 13* e *Tabella 14* sono elencate le misure riferite ai settori relativi alla produzione di energia elettrica, residenziale e terziario, trasporti per tutti gli inquinanti ad eccezione dell'ammoniaca.

Le misure riferite alle emissioni di ammoniaca e, quindi, al settore agricoltura sono elencate in *Tabella 15* e riguardano, l'impiego di fertilizzanti a base urea, le tecniche di spandimento delle deiezioni e gli stoccaggi.

Tabella 12 – Misure nel settore della produzione di energia elettrica

Settore	Codice	Nome	Descrizione	Tipologia
Elettrico	E1	Phase-out del carbone	Eliminazione progressiva degli impianti di generazione elettrica alimentati a carbone secondo uno scenario completo di uscita al 2025. Tale azione è sostenuta da una serie di interventi paralleli atti ad assicurare la sicurezza del sistema quali sviluppi e rinforzi di rete, potenza di generazione, accumuli, organizzazione dei mercati dei servizi, finalizzate alla piena integrazione delle rinnovabili, al superamento delle congestioni, alla gestione del tema dell' <i>overgeneration</i> .	Programmatico
Elettrico	E2	Decreto biometano	Ridimensionamento delle forme di incentivazione delle bioenergie senza perdere l'attuale quota di produzione ad eccezione dei bioliquidi, per cui si prevede un blocco dell'incentivazione in favore della conversione del biogas in biometano. Oltre alla finalità di ridurre le emissioni in atmosfera, tale misura promuove una concorrenza leale sul mercato delle materie prime, il rispetto del principio della "cascata" e lo sviluppo delle filiere a minor impatto e che non sono in competizione con il mondo agricolo per l'uso del terreno.	Tariffario
Elettrico	E3	Fotovoltaico negli edifici	Introduzione dell'obbligo di integrazione del fotovoltaico negli edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti e perfezionamento della normativa sulla quota minima di fotovoltaico in tali edifici. Promozione dei sistemi integrati di produzione di calore efficiente e rinnovabile, come ad esempio i sistemi ibridi.	Regolatorio

Tabella 13 – Misure nel settore residenziale e terziario

Settore	Codice	Nome	Descrizione	Tipologia
Termico	C1	Fonti rinnovabili negli edifici	Introduzione dell'obbligo di integrazione di fonti rinnovabili ad eccezione delle biomasse negli edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti e perfezionamento della normativa sulla quota minima di fonti rinnovabili in tali edifici. Promozione dei sistemi integrati di produzione di calore efficiente e rinnovabile, come ad esempio i sistemi ibridi.	Regolatorio
Termico	C2	Sostituzione degli impianti a biomasse	Rinnovamento dei vecchi impianti di riscaldamento a biomasse con tecnologie efficienti e a ridotte emissioni. Introduzione di requisiti prestazionali di accesso all'ecobonus più stringenti per i generatori di calore a biomassa.	Regolatorio
Termico	C3	Teleriscaldamento	Adeguamento e potenziamento degli strumenti oggi a disposizione per favorire la nuova costruzione e l'ampliamento delle infrastrutture per la distribuzione del calore in ambito urbano. Sarà confermata la riserva economica per garantire interventi di realizzazione di reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento	Regolatorio/tariffario

Settore	Codice	Nome	Descrizione	Tipologia
			inclusa nel fondo per l'efficienza energetica.	
Residenziale	C4	Standard minimi per l'edilizia	<p>Rafforzamento degli standard minimi per l'edilizia, tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - applicazione dei decreti che hanno già introdotto nell'ordinamento nazionale la Direttiva 2010/31/UE elevando i requisiti per gli edifici privati di nuova costruzione (NZEB - edifici ad energia quasi zero) dal 2021; - introduzione di obblighi di efficientamento energetico in occasione delle ristrutturazioni, laddove giustificato in termini di rapporto tra costi e benefici (<i>trigger point</i>); - recepimento delle proposte del <i>Clean Energy Package</i> in merito all'adozione di tecnologie di <i>demand-response</i>, sistemi di ICT e domotica che consentano il monitoraggio e il controllo della performance; - recepimento Direttiva 2010/31/UE che eleverà significativamente i requisiti per gli edifici di nuova costruzione, dal 2021 per gli edifici privati e dal 2019 per gli edifici della PA; - applicazione dei Criteri ambientali minimi alle gare di appalto di acquisto di beni e servizi. 	Regolatorio
Residenziale	C5	Ristrutturazioni edilizie	<p>Detrazione fiscale per ristrutturazioni edilizie e predisposizione di una strategia di lungo termine per la riqualificazione del parco immobiliare residenziale tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ottimizzazione del meccanismo delle detrazioni fiscali: modulare la percentuale di detrazione in relazione al risparmio atteso, per favorire interventi di deep renovation; detrazione in aggiunta a incentivi (in particolare antisismico e dissesto idrogeologico); massimali unitari di spesa per tipologia intervento; portabilità titolo di credito; stabilizzazione detrazione; - Fondo Nazionale per l'Efficienza Energetica; - Rafforzamento delle misure per la riduzione del fabbisogno energetico degli immobili della popolazione meno abbiente e la riqualificazione profonda degli edifici residenziali pubblici (social housing); - misure per migliorare la qualità degli attestati di prestazione energetica e favorire l'acquisto di abitazioni in alta classe energetica. 	Fiscale
Residenziale	C6	Ruolo attivo dei consumatori	<p>Aumento della consapevolezza e del ruolo attivo dei consumatori tramite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - accelerazione, con opportuni strumenti di sostegno e regolatori, dell'introduzione delle tecnologie della domotica, della digitalizzazione delle reti e dello smart metering; - completa attuazione delle disposizioni già previste dal decreto legislativo 	Programmatico

Settore	Codice	Nome	Descrizione	Tipologia
			102/2014 in materia di sistemi di misurazione e fatturazione dei consumi energetici nel settore residenziale; - attuazione di programmi di formazione ed educazione all'efficienza energetica; - valutazione della promozione di sistemi integrati di Energy Customer Feedback che sollecitino comportamenti virtuosi del consumatore tramite la comunicazione di feedback real-time sul consumo e la costituzione di community con obiettivi condivisi di risparmio.	
Residenziale	C7	Riscaldamento raffrescamento	e Promozione delle tecnologie a bassa emissione ed alta efficienza nel settore del riscaldamento e raffrescamento.	Programmatico
Terziario	C8	Cambiamento comportamentale	Incentivazione del cambiamento comportamentale nel terziario tramite: - promozione della diffusione delle tecnologie della domotica e dello smart metering; - rafforzamento dei programmi di formazione ed educazione indirizzate al settore commerciale e alla PA; - obblighi di riduzione di consumo per la PA, con eventuali penali e premi conseguenti al raggiungimento dei target di riduzione.	Programmatico
Terziario	C9	Riqualficazione energetica del parco immobiliare pubblico	Riqualficazione energetica del parco immobiliare pubblico tramite: - inserimento di clausole di risparmio obbligatorio nei contratti di servizi energetici sottoscritti dalla PA; - introduzione di meccanismi di penalità e premialità ai dirigenti/funzionari preposti alla gestione dell'edificio; - revisione delle regole di contabilizzazione del debito pubblico in caso di interventi di efficienza energetica; - prosecuzione del Programma per la Riqualficazione Energetica degli Edifici della Pubblica Amministrazione Centrale (PREPAC) nel periodo 2021-2030; - strutturazione di un programma sull'illuminazione pubblica finalizzata all'accelerazione del processo di sostituzione delle sorgenti luminose e all'installazione di sistemi di monitoraggio dei consumi.	Programmatico

Tabella 14 – Misure nel settore dei trasporti

Settore	Codice	Nome	Descrizione	Tipologia
Trasporti	T0	Obbligo biocarburanti ed altre fonti energetiche rinnovabili in recepimento della RED II	Predisposizione ed emanazione del decreto legislativo di recepimento della Direttiva Energie Rinnovabili RED 2 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili e conseguenti decreti interministeriali di aggiornamento dei	Regolatorio

Settore	Codice	Nome	Descrizione	Tipologia
			<p>decreti vigenti di settore. In particolare per:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggiornare le quote obbligatorie di immissione in consumo fino al 2030 dei biocarburanti normali ed avanzati; - introdurre target differenziati per benzina, diesel e eventualmente metano; - introdurre l'idrogeno da fonti rinnovabili ed eventualmente i combustibili da carbonio riciclato nell'elenco dei biocarburanti e carburanti utilizzabili ai fini dell'obbligo; - prevedere il raccordo con il data base europeo di monitoraggio della sostenibilità; - aggiornare i moltiplicatori da utilizzare ai fini del calcolo del target; - individuare le percentuali massime di utilizzo dei biocarburanti di prima generazione; - attuare misure di promozione dell'uso dei biocarburanti nel settore avio e marittimo. 	
Trasporti	T1	Potenziamento del TPL e riduzione del fabbisogno di mobilità privata	<p>Potenziamento del TPL e Rinnovo del parco autobus (finanziamenti per il rinnovo del parco rotabile su gomma adibito al Trasporto pubblico Locale con l'acquisto di veicoli meno inquinanti, bus elettrici e a metano) finalizzati anche ad una riduzione complessiva del numero di veicoli privati circolanti e alla promozione del cambiamento modale, tramite un Piano strategico nazionale della mobilità sostenibile che includa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - cura del ferro in ambito urbano e integrazione dei nodi logistici con la rete ferroviaria di trasporto merci; - informazioni in tempo reale su localizzazione dei mezzi pubblici, sul traffico e sui tempi di percorrenza; - agevolazioni fiscali per l'utilizzo del mezzo pubblico (legge di stabilità 2018); - miglioramento dell'accessibilità, sicurezza e riconoscibilità delle fermate del trasporto pubblico, promuovendo anche l'integrazione con altre forme di servizio social, quali info point o rete Wi-Fi; - promozione della mobilità condivisa (bike, car e moto sharing a basse o zero emissioni); - integrazione tra i servizi di mobilità sostenibile (quali strutture di sosta per i velocipedi o servizi di car e bike sharing in prossimità delle fermate del trasporto pubblico) e parcheggi di interscambio; - promozione della mobilità a piedi; - integrazione del trasporto pubblico nei progetti di riqualificazione urbana; - ottimizzazione della regolazione dei sistemi semaforici; - smart parking; - promozione degli strumenti di smart working. 	Programmatico

Settore	Codice	Nome	Descrizione	Tipologia
Trasporti	T2	Veicoli elettrici puri	Promozione della diffusione di veicoli elettrici per la mobilità urbana privata, che contribuirà anche a migliorare l'integrazione della produzione da rinnovabili elettriche.	Programmatico
Trasporti	T3	Veicoli ibridi elettrici plug-in PHEV	Promozione della diffusione di veicoli ibridi elettrici plug-in PHEV per la mobilità urbana privata, che contribuirà anche a migliorare l'integrazione della produzione da rinnovabili elettriche.	Programmatico
Trasporti	T4	Diffusione dei veicoli meno inquinanti	Diffusione di veicoli più efficienti e a minore emissioni tramite la revisione graduale dei sistemi fiscali sul trasporto (tassa immatricolazione, tassa di possesso, imposte sui carburanti, etc.). Valorizzazione e rafforzamento delle iniziative di regolamentazione locale (quali le limitazioni alla circolazione dei veicoli inquinanti nelle aree urbane, accesso libero dei veicoli a combustibili alternativi ed in particolare elettrici alle zone a traffico limitato, limiti di velocità, corsie preferenziali e parcheggi dedicati per veicoli a zero emissioni).	Programmatico
Trasporti	T5	ITS per il trasporto merci	Promozione della diffusione di nuove tecnologie ITS (Intelligence Transport Systems) nel trasporto merci su strada.	Programmatico
Trasporti	T6	Rinnovo del parco auto esistente	Diffusione di mezzi per il trasporto merci meno inquinanti tramite la promozione dell'utilizzo di furgoni a metano e di autocarri pesanti a GNL. Promozione del trasporto marittimo a GNL.	Programmatico

Tabella 15 – Misure nel settore Agricoltura

Settore	Codice	Nome	Descrizione	Tipologia
Agricoltura	A1	Incorporazione fertilizzanti	Incorporazione dei fertilizzanti a base urea con una riduzione attesa delle emissioni di ammoniaca del 50-80%.	Programmatico
Agricoltura	A2	Spandimento materiali non palabili	Su terreni con una pendenza media minore del 15%, divieto di distribuzione della frazione liquida con attrezzature in pressione. Si evita la formazione di aerosol che aumenta l'emissione di ammoniaca con una riduzione attesa delle emissioni di ammoniaca del 30-90%	Regolatorio
Agricoltura	A3	Incorporazione del liquame	Incorporazione del liquame applicato in superficie (almeno entro 24 ore) Se immediata (con aratura): 90% Se immediata con dischi: 70% Se dopo 4h: da 45% a 65%	Programmatico

Settore	Codice	Nome	Descrizione	Tipologia
			Se dopo 24h: 30%	
Agricoltura	A4	Spandimento materiali palabili (seminativi)* * Sono esclusi dall'obbligo: - terreni coltivati a no tillage; - colture permanenti; - prati, prati pascoli e pascoli.	Incorporazione del solido distribuito in superficie (almeno entro 24 ore) Se immediata (con aratura): 90% Se immediata con dischi: 60% Se dopo 4h: da 45% a 65% Se dopo 12h: 50% Se dopo 24h: 30%	Programmatico
Agricoltura	A5	Divieto nuove lagune	Divieto di costruzione di nuove lagune con riduzione attesa delle emissioni di ammoniaca del 30-60%	Regolatorio
Agricoltura	A6	Copertura flottante	Formazione di crosta naturale riducendo le miscele e il caricamento di nuovo liquame dall'alto (copertura flottante) con riduzione attesa delle emissioni di ammoniaca del 40%	Programmatico

9. Burden sharing regionale per le emissioni di ammoniaca

In riferimento alla riduzione attesa delle emissioni di ammoniaca per il raggiungimento dell'obiettivo stabilito per l'Italia dalla direttiva NEC, si è scelto di introdurre uno strumento aggiuntivo, finalizzato a stimolare un maggiore coinvolgimento delle Amministrazioni regionali. In considerazione dell'elevata specificità territoriale delle pratiche agricole e della autonomia di gestione delle risorse disponibili per la promozione della diffusione di buone pratiche, si propone una suddivisione del target nazionale assegnando un obiettivo parziale di riduzione a ciascuna Regione, tramite una sorta di "burden sharing".

9.1 Metodologia di calcolo degli obiettivi regionali

Si descrive sinteticamente in questo paragrafo la metodologia di calcolo utilizzata per giungere ad una proposta di burden sharing regionale, basata sui dati della disaggregazione dell'inventario nazionale delle emissioni su scala provinciale e sul documento del CRPA "Studio per la valutazione degli effetti sulle emissioni delle trasformazioni in corso nel settore degli allevamenti", realizzato per ISPRA nel 2018.

Lo studio del CRPA individua le possibili misure di riduzione delle emissioni di ammoniaca al 2030 per le fasi di ricovero, stoccaggio e spandimento per ogni categoria di animale (bovini, suini, avicoli). In prima analisi sono state calcolate le variazioni percentuali dei fattori di emissione di NH_3 (espressi come kg N- NH_3 /capo anno) nel 2030 rispetto al 2005, per tipologia di animale e attività emissiva, elaborati rispettivamente dallo studio del CRPA (2030) e dall'inventario nazionale (2005). Tali variazioni rappresentano le riduzioni potenziali delle emissioni derivanti dalle misure tecniche relative all'alimentazione (con diete a ridotto tenore proteico), ai ricoveri, agli stoccaggi e agli spandimenti e sono state valutate prendendo in considerazione le misure previste negli ambiti della direttiva sulle emissioni industriali (2010/75/UE), della direttiva Nitrati e dei Programmi di Azione Nitrati, dei Piani Aria delle regioni del Bacino Padano. In via cautelativa è stato successivamente applicato un fattore di penetrazione di tali tecniche pari a circa 86%.

Per quanto riguarda l'applicazione dell'urea, è stata considerata una riduzione minima, pari all'1%, in linea con gli scenari BAU (business as usual) dell'EFMA (European Fertilisers Manufacturers Association), mentre per le altre fonti non è stata ipotizzata nessuna ulteriore riduzione.

Tali riduzioni potenziali sono state applicate alle emissioni regionali del 2005, disaggregate per categoria animale e attività emissiva, assumendo, data la grande incertezza sull'evoluzione del numero dei capi, l'invarianza delle consistenze. In questo modo si è ottenuta la riduzione potenziale conseguibile per ciascuna regione al 2030.

9.2 Burden sharing regionale

Nella tabella seguente è riassunta la proposta di obiettivi di riduzione specifici, associati a ciascuna Regione, che concorreranno al raggiungimento dell'obiettivo nazionale. Si ricorda che tali obiettivi potranno essere raggiunti ricorrendo ad una selezione delle misure che meglio si adattano alle diverse situazioni regionali, scelte tra tutte quelle proposte dal Codice di buone pratiche riportato in Allegato.

Regione	Obiettivo regionale 2030
Abruzzo	-13,2%
Basilicata	-12,8%
Calabria	-13,5%
Campania	-10,2%
Emilia-Romagna	-18,4%
Friuli-Venezia Giulia	-14,4%
Lazio	-11,9%
Liguria	-11,2%
Lombardia	-19,7%
Marche	-12,3%
Molise	-18,2%
Piemonte	-17,0%
Puglia	-9,6%
Sardegna	-11,5%
Sicilia	-14,3%
Toscana	-11,5%
Trentino-Alto Adige	-16,9%
Umbria	-15,1%
Valle d'Aosta	-17,7%
Veneto	-15,4%
Totale complessivo	-16,1%

Tabella 16 – Obiettivi regionali di riduzione dell’ammoniaca

Ai fini dell’eventuale aggiornamento degli obiettivi regionali di riduzione delle emissioni di ammoniaca di cui alla precedente tabella, sarà istituito un tavolo di lavoro tra il Ministero dell’ambiente, il Ministero delle Politiche agricole alimentari forestali e del turismo e le Regioni.

Bibliografia

Adani, M., Mircea, M., D'Isidoro, M., Costa, M.P., Silibello, C., 2015. Heavy metal modelling study over Italy: effects of grid resolution, lateral boundary conditions and foreign emissions on air concentrations. *Water, Air, & Soil Pollution*, 226:46 <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-015-2324-7>

Amann, M., Bertok, I., Borken-Kleefeld, J., et al., 2015. Adjusted historic emission data, projections, and optimized emission reduction targets for 2030—a comparison with COM data 2013. Part A: results for EU-28. Version 1.1. TSAP report #16a: Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.

Arianet, 2016. FARM (Flexible Air quality Regional Model) Model formulation and user's Manual, Version 4.11. Arianet R2016.12.

Arianet, 2014. Emission Manager. Modular processing system for model-ready emission input preparation. Software Manual.

Arianet, 2011. SURFPRO3 User's guide (SURFace-atmosphere interface PROcessor, Version 3). Arianet R2011.31.

Arianet, 2008. RAIL – User's notes, version 1.1. Arianet R2008.23.

Bessagnet B., Pirovano G., Mircea M., Cuvelier C., Aulinger A., Calori G., Ciarelli G., Manders A., Stern R., Tsyro S., Vivanco M.G., Thunis P., Pay M.-T., Colette A., Couvidat F., Meleux F., Rouil L., Ung A., Aksoyoglu S., Baldasano J.M., Bieser J., Briganti G., Cappelletti A., D'Isidoro M., Finardi S., Kranenburg R., Silibello C., Carnevale C., Aas W., Dupont J.-C., Fagerli H., Gonzalez L., Menut L., Prévôt, A.S.H., Roberts, P., White, L., 2016. Presentation of the EURODELTA III intercomparison exercise-evaluation of the chemistry transport models' performance on criteria pollutants and joint analysis with meteorology. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16 (19), pp. 12667-12701.

Binkowski F.S., Roselle S.J., 2003. Models-3 community multiscale air quality (CMAQ) model aerosol component-1. Model description. *Journal of Geophysical Research* 108, 4183.

Carter W.P.L., 2000. Documentation of the SAPRC-99 chemical mechanism for VOC reactivity assessment. Final report to California Air Resources Board, Contract no. 92-329, and (in part) 95-308.

Ciancarella, L., Adani, M., Briganti, G., Cappelletti, A., Ciucci, A., Cremona, G., D'Elia, I., D'Isidoro, M., Mircea, M., Piersanti, A., Righini, G., Russo, F., Vitali, L., Zanini, G., 2016. La simulazione nazionale di AMS-MINNI relativa all'anno 2010. Simulazione annuale del Sistema Modellistico Atmosferico di MINNI e validazione dei risultati tramite confronto con i dati osservati. Rapporto Tecnico RT/2016/12/ENEA, ENEA, ISSN 0393-3016.

Ciucci, A., D'Elia, I., Wagner, F., Sander, R., Ciancarella, L., Zanini, G., Schöpp, W., 2016. Cost-effective reductions of PM_{2,5} concentrations and exposure in Italy. *Atmospheric Environment*, 140, 84-93.

Colette, A., Andersson, C., Manders, A., Mar, K., Mircea, M., Pay, M.-T., Raffort, V., Tsyro, S., Cuvelier, C., Adani, M., Bessagnet, B., Bergström, R., Briganti, G., Butler, T., Cappelletti, A., Couvidat, F., D'Isidoro, M., Doumbia, T., Fagerli, H., Granier, C., Heyes, C., Klimont, Z., Ojha, N., Otero, N., Schaap, M., Sindelarova, K., Stegehuis, A.I., Roustan, Y., Vautard, R., Van Meijgaard, E., Vivanco, M.G., Wind, P., 2017. EURODELTA-Trends, a multi-model experiment of air quality hindcast in Europe over 1990-2010. *Geoscientific Model Development*, 10 (9), pp. 3255-327.

- COM, 2018. Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The First Clean Air Outlook. Brussels, 7.6.2018, COM(2018) 446 final.
http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/clean_air_outlook.pdf
- Cotton, W. R., Pielke Sr., R. A., Walko, R. L., Liston, G. E., Tremback, C. J., Jiang, H., McAnelly, R. L., Harrington, J. Y., Nicholls, M. E., Carrio, G. G., McFadden, J. P., 2003. RAMS 2001: Current status and future directions. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 82, 5-29.
- D'Elia, I., Bencardino, M., Ciancarella, L., Contaldi, M., Vialetto, G., 2009. Technical and Non-technical measures for air pollution emission reduction: The integrated assessment of the Regional Air Quality Management Plans through the Italian national model. *Atmospheric Environment*, 43, 6182-6189.
- D'Elia, I., Peschi, E., 2013. Lo scenario emissivo nazionale nella negoziazione internazionale. Rapporto Tecnico RT/2013/10/ENEA, ENEA, ISSN 0393-3016.
- D'Elia, I., Piersanti, A., Briganti, G., Cappelletti, A., Ciancarella, L., Peschi, E., 2018. Evaluation of mitigation measures for air quality in Italy in 2020 and 2030. *Atmospheric Pollution Research*, volume 9, issue 6, 977-988, <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.03.002>.
- EC, 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and a cleaner air for Europe. *EC Official Journal L 152 of 11.06.2008*.
- EC, 2016. Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2016 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC. *EC Official Journal of the European Union, L 344/1 of 17.12.2016*.
- EEA, 2015. Air quality in Europe - Report. N. 5/2015, ISSN 1977-8449.
- EEA, 2018. Air Quality in Europe - 2018 Report. EEA Report n. 12/2018.
<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>
- EMEP, 2003. Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe, Part I: Unified EMEP model description, EMEP, Oslo, Norway.
- GU, 2018. Decreto Legislativo 30 maggio 2018, n. 81. Attuazione della direttiva (UE) 2016/2284 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 dicembre 2016, concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE. *Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie generale n. 51 del 2-7.2018*.
- Gariazzo C., Silibello C., Finardi S., Radice P., Piersanti A., Calori G., Cecinato A., Perrino C., Nussio F., Cagnoli M., Pelliccioni A., Gobbi G.P., Di Filippo P., 2007. A gas/aerosol air pollutants study over the urban area of Rome using a comprehensive chemical transport model. *Atmospheric Environment* 41, 7286-7303.
- Gryning SE. & Batchvarova E., 1996. A model for the height of the internal boundary layer over an area with an irregular coastline. *Boundary-Layer Meteorology*, 78, 405.
- Guenther A., Karl T., Harley P., Wiedinmyer C., Palmer P.I., and Geron C., 2006. Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature), *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 3181-3210.
- Gusev, A., Mantseva, E., Shatalov, V., Strukov, B., 2005. Regional Multicompartment Model MSCE-POP. EMEP/MSCE-E Technical Report 5/2005.

IIASA, TSAP report #16 Adjusted historic emission data, projections, and optimized emission reduction targets for 2030 – A comparison with COM data 2013, January 2015.

IARC, Monographs, 2015. To Humans Outdoor Air Pollution.

ISPRA, 2010. Annuario dei Dati Ambientali 2010. ISBN 978-88-448-04843-1. <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/annuario-dei-dati-ambientali-2010>

ISPRA, 2013. BRACE (Banca dati Relazionale Aria Clima Emissione) <http://www.brace.sinanet.apat.it/web/struttura.html>

ISPRA, 2015. Scenari di consumi elettrici al 2050. ISPRA Technical Report, n. 213/2016. ISBN 978-88-448-0765-8.

ISPRA, 2017. Italian Emission Inventory 1990-2015. Informative Inventory Report 2017. ISPRA Technical Report, n. 262/2017. ISBN 978-88-448-0823-5.

ISPRA, 2018. Italian Emission Inventory 1990-2016. Informative Inventory Report 2018. ISPRA Technical Report, n. 284/2018. ISBN 978-88-448-0891-4.

ISTAT, 2018. Comunicazione riservata.

Lange R., 1989. Transferrability of a three-dimensional air quality model between two different sites in complex terrain, *J. Appl. Meteorol.*, 78, 665-679.

Marras G., Silibello C., Calori G., 2012. "A Hybrid Parallelization of Air Quality Model with MPI and OpenMP". Recent Advances in the MPI: 19th European MPI Users Group Meeting, EuroMPI 2012, Vienna, Austria, September 23-26. Springer Berlin Heidelberg Editor.

Mircea, M., Ciancarella, L., Briganti, G., Calori, G., Cappelletti, A., Cionni, I., Costa, M., Cremona, G., D'Isidoro, M., Finardi, S., Pace, G., Piersanti, A., Righini G., Silibello, C., Vitali, L., Zanini, G., 2014. Assessment of the AMS-MINNI system capabilities to simulate air quality over Italy for the calendar year 2005. *Atmospheric Environment* 84, 178-188.

Mircea M., Grigoras G., D'Isidoro M., Righini G., Adani M., Briganti G., Ciancarella L., Cappelletti A., Calori G., Cionni I., Cremona G., Finardi S., Larsen B.R., Pace G., Perrino C., Piersanti A., Silibello C., Vitali L., Zanini G., 2016. Impact of grid resolution on aerosol predictions: A case study over Italy. *Aerosol and Air Quality Research*, 16 (5), 1253-1267.

MIPAAF, 2016. Linee guida agricole per la riduzione delle emissioni di ammoniaca nel Bacino Padano. (in Italian). <http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/15873>.

Nenes A., Pandis S.N., Pilinis C. (1998). ISORROPIA: A new thermodynamic equilibrium model for multiphase multicomponent inorganic aerosols. *Aquat. Geoch.*, 4, 123-152.

Otero, N., Sillmann, J., Mar, K. A., Rust, H. W., Solberg, S., Andersson, C., Engardt, M., Bergström, R., Bessagnet, B., Colette, A., Couvidat, F., Cuvelier, C., Tsyro, S., Fagerli, H., Schaap, M., Manders, A., Mircea, M., Briganti, G., Cappelletti, A., Adani, M., D'Isidoro, M., Pay, M.T., Theobald, M., Vivanco, M. G., Wind, P., Ojha, N., Raffort, V., and Butler, T., 2018. A multi-model comparison of meteorological drivers of surface ozone over Europe, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 12269-12288, <https://doi.org/10.5194/acp-18-12269-2018>.

Proposta di piano nazionale integrato per l'energia e il clima, 2018. Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. 31 dicembre 2018.

RSE, 2017. Decarbonizzazione dell'economia italiana. Scenari di sviluppo del Sistema energetico nazionale. IV Volume 2017, ISBN 978-88-907527-6-6.

Schell B., Ackermann I.J., Hass H., Binkowski F.S., and Ebel, A., 2001. Modelling the formation of secondary organic within a comprehensive air quality model system. *J. Geophysical Research*, 106, 28275-28293.

SEN, 2017. Strategia Energetica Nazionale, 10 novembre 2017.

http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/testo_della_StrategiaEnergeticaNazionale_2017.pdf

Seinfeld J.H. and Pandis S.N., 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics*. John Wiley&Sons, Inc.

Silibello C., Calori G., Brusasca G., Catenacci G., Finzi G., 1998. Application of a photochemical grid model to Milan metropolitan area. *Atmospheric Environment* 32 (11), 2025-2038.

Smagorinsky J., 1963. General circulation experiments with the primitive equations: 1. The basic experiment. *Mon. Weath. Rev.*, 91, 99-164.

Sorensen J. H., 1998. Sensitivity of the DERMA long-range Gaussian dispersion model to meteorological input and diffusion parameters. *Atmospheric Environment*, (32) 24, 4195-4206.

Vautard R., Bessagnet B., Chin M., and Menut L., 2005. On the contribution of natural Aeolian sources to particulate matter concentrations in Europe: Testing hypotheses with a modelling approach. *Atmospheric Environment*, 39, 3291-3303.

Van Ulden A.P. and Holtslag A.A.M., 1985. Estimation of Atmospheric Boundary Layer parameters for Diffusion Application. *J. Appl. Meteorol.*, 24, 1196-1207.

Vivanco, M.G., Bessagnet, B., Cuvelier, C., Theobald, M.R., Tsyro, S., Pirovano, G., Aulinger, A., Bieser, J., Calori, G., Ciarelli, G., Manders, A., Mircea, M., Aksoyoglu, S., Briganti, G., Cappelletti, A., Colette, A., Couvidat, F., D'Isidoro, M., Kranenburg, R., Meleux, F., Menut, L., Pay, M.T., Rouil L, Silibello, C., Thunis, P., Ung, A., 2017. Joint analysis of deposition fluxes and atmospheric concentrations of inorganic nitrogen and sulphur compounds predicted by six chemistry transport models in the frame of the EURODELTAIII project. *Atmospheric Environment*, 151, pp. 152-175.

Vivanco, M. G., Theobald, M. R., García-Gómez H., H., Garrido, J. L., Prank, M., Aas, W., Adani, M., Alyuz, U., Andersson, C., Bellasio, R., Bessagnet, B., Bianconi, R., Bieser, J., Brandt, J., Briganti, G., Cappelletti, A., Curci, G., Christensen, J. H., Colette, A., Couvidat, F., Cuvelier, C., D'Isidoro, M., Flemming, J., Fraser, A., Geels, C., Hansen, K. M., Hogrefe, C., Im, U., Jorba, O., Kitwiroon, N., Manders, A., Mircea, M., Otero, N., Pay, M.-T., Pozzoli, L., Solazzo, E., Tsyro, S., Unal, A., Wind, P., and Galmarini, S., 2018. Modeled deposition of nitrogen and sulfur in Europe estimated by 14 air quality model systems: evaluation, effects of changes in emissions and implications for habitat protection, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 10199-10218, <https://doi.org/10.5194/acp-18-10199-2018>.

Wesely M.L., 1989. Parameterization of surface resistances to gaseous dry deposition in regional-scale numerical models". *Atmospheric Environment*, 23, 1293-1304.

WHO, 2005. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02.
http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69477/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf

Yamartino R.J., 1993. Nonnegative, conserved scalar transport using grid-cell-centered, spectrally constrained Blackman cubics for applications on a variable-thickness mesh. *Mon. Wea. Rev.*, 121, 753-763

Zanini G., 2016. Impact of grid resolution on aerosol predictions: A case study over Italy. *Aerosol and Air Quality Research*, 16 (5), 1253-1267, <http://dx.doi.org/10.4209/aaqr.2015.02.0058>.

Zhang K.M., Knipping E.M., Wexler A.S., Bhave P.V., and Tonnesen G.S., 2005. Size distribution of sea-salt emissions as a function of relative humidity. *Atmospheric Environment*, 39, 3373-3379.

Zilitinkevich S., Baklanov A., 2002. Calculation Of The Height Of The Stable Boundary Layer In Practical Applications. *Boundary-Layer Meteorology*, 105, 3, 389-409.

ALLEGATO – Codice Agricoltura

Codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole per il controllo delle emissioni di ammoniaca

prodotto dal MIPAAFT

Indice

1. Introduzione

1.1. L'importanza della Direttiva NEC per l'agricoltura

2. Le emissioni di ammoniaca in Italia

2.1. Trend emissivi nazionali di ammoniaca dal 1990 e nel periodo 2005-2016

2.2. Trend emissivi regionali del settore agricoltura

3. Zootecnia e coltivazioni: dove e come intervenire?

4. Le misure richieste dalla Direttiva NEC e correlazioni con interventi già in essere derivanti da altri atti normativi ambientali

4.1. Premessa

4.2. Bilancio dell'azoto

4.3. Utilizzo di fertilizzanti al carbonato d'ammonio

4.4. Metodi per la riduzione di ammoniaca provenienti da concimi minerali azotati (ai sensi del D.lgs. n.75/2010)

4.5. Metodi per la riduzione di emissioni di ammoniaca proveniente da effluenti di allevamento

4.6. Misure per la riduzione delle emissioni di ammoniaca riguardanti i ricoveri degli animali

4.7. Misure di riduzione delle emissioni per il controllo delle emissioni di particolato carbonioso

4.8. Esenzione dalle misure di riduzione delle emissioni

5. Il ruolo della consulenza aziendale e dell'agricoltura di precisione

6. Impatto ambientale atteso dall'applicazione delle misure sul territorio nazionale

7. Monitoraggio e controllo

8. Conclusioni e tabelle di riferimento delle misure di mitigazione facoltative /obbligatorie e relativa efficacia.

9. Bibliografia

ALLEGATO 1

1. Introduzione

Il 17 dicembre 2016, sulla Gazzetta Ufficiale Europea (L. 344), è stata pubblicata la Direttiva UE 2016/2284 approvata il 14 dicembre 2016 e conosciuta anche come Direttiva NEC (*National Emission Ceiling*). Il testo normativo “*concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE*” è entrato in vigore il 31 dicembre 2016. La direttiva è stata recepita con Decreto legislativo n. 81 del 30 maggio 2018 recante “*Attuazione della direttiva (UE) 2016/2284 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 dicembre 2016, concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE*” e pubblicato nella GU n. 151 del 2 luglio 2018.

Con la “nuova” Direttiva NEC, a partire dal 2020 vengono aggiornati i limiti emissivi del biossido di zolfo (SO₂), degli ossidi di azoto (NO_x), dei composti organici volatili (COV) non metanici e dell’ammoniaca (NH₃) che erano stati già specificati per ogni Stato membro nella “precedente” Direttiva (Dir. 2001/81/CE)⁽¹⁾ e che dovranno essere rispettati fino al 2029 mentre, sempre per i medesimi gas, vengono posti dei nuovi target di riduzione da raggiungere entro il 2030 e da mantenere anche negli anni seguenti. In effetti, i limiti emissivi da rispettare dal 2020 fino al 2029 non sono limiti “di nuova definizione”, in quanto erano già stati riportati nel testo del Protocollo di Göteborg, emendato nel 2012. Per l’orizzonte temporale del 2030, inoltre, il Legislatore europeo ha ritenuto opportuno definire degli obiettivi di riduzione delle emissioni anche per altri due inquinanti atmosferici, nello specifico i Composti Organici Volatili Non Metanici (COVNM) ed il particolato sottile di dimensione inferiore a 2,5 micron (PM_{2,5})⁽²⁾.

Il testo della Direttiva proposto inizialmente dalla Commissione includeva anche il limite emissivo per il metano (CH₄) ma, sotto richiesta di diversi Stati membri, il Legislatore europeo ha eliminato tale gas in quanto già incluso nella normativa per i cambiamenti climatici. Questo inquinante, infatti, insieme al particolato carbonioso (Black Carbon), rientra tra i gas definiti a “duplice effetto”, in quanto hanno proprietà sia climalteranti che inquinanti. Mentre l’assenza di una normativa specifica per il Black Carbon ha motivato l’inserimento di questo inquinante nel testo della nuova Direttiva NEC, l’esistenza dell’attuale normativa vigente in materia di cambiamenti climatici ha motivato l’esclusione dal testo del metano. Questa scelta dovrebbe evitare la sovrapposizione delle misure climatiche con quelle della qualità dell’aria, oltre a facilitarne l’attuazione. Le disposizioni contenute nella Direttiva NEC dovranno agire in coerenza e in sinergia con quanto disposto fino ad ora dalla normativa sulla qualità dell’aria e

1 Direttiva 2001/81/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2001 relativa ai limiti nazionali di emissione di alcuni inquinanti atmosferici. Questa direttiva pone i limiti emissivi nazionali per SO₂, NO_x, COV e NH₃ da raggiungere entro il 2010 e da rispettare fino al 2020.

2 Gli impegni di riduzione (a partire dal 2020) per il PM_{2,5} non erano previsti nella Dir. 2001/81/CE, ma sono stati considerati nel Protocollo di Göteborg emendato (2012) e nella Dir. 2016/2284 (impegni di riduzione 2020-2029 e a partire dal 2030). Gli obiettivi di riduzione dei COVNM già erano presenti nella Dir. 2001/81/CE e sono stati considerati nel Protocollo di Göteborg emendato (2012) e nella Dir. 2016/2284.

sui cambiamenti climatici, oltre che sulle acque, sulla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, come pure della flora e della fauna selvatiche. Sempre per agire in sintonia ed uniformità all'attuale legislazione climatica, la proposta allinea il calendario delle comunicazioni e delle informazioni a quello dei gas serra. Il nuovo testo normativo, però, va oltre il semplice allineamento dei calendari poiché contiene anche delle disposizioni rafforzate sugli inventari, le proiezioni ed il monitoraggio degli ecosistemi per misurare in modo più efficace l'attuazione delle misure e propone indirizzi abbastanza precisi sulle soluzioni tecniche da adottare per ridurre le emissioni di inquinanti dell'aria.

L'attenzione che il legislatore europeo ha dato al negoziato per la nuova Direttiva NEC è da attribuire alle ripercussioni che l'inquinamento atmosferico ha sulla salute umana, sugli ecosistemi naturali e seminaturali, come ad esempio le terre agricole, ma anche sull'economia. Sono sempre maggiori, infatti, gli studi che mettono in evidenza la relazione causa/effetto tra inquinamento e danni ambientali (ad es: eutrofizzazione delle acque), decessi per complicazioni cardio-respiratorie oppure stato di aggravamento delle malattie delle vie aeree, da cui dipende una diminuzione dei giorni di lavoro svolti, con conseguenti perdite economiche per la collettività.

1.1 L'importanza della Direttiva NEC per l'agricoltura

Come accennato nel paragrafo precedente, uno dei target di riduzione presenti nella Direttiva NEC riguarda le emissioni nazionali di ammoniaca (NH₃), che per circa il 94% sono di origine agricola ⁽³⁾. E' naturale, quindi, che la trattativa comunitaria abbia suscitato interesse presso il Mipaaf che, già a partire dai primi anni del 2010, ha iniziato a focalizzare l'attenzione su alcuni composti chimici a causa delle procedure d'infrazione inflitte all'Italia per il mancato rispetto dei limiti emissivi previsti per alcuni inquinanti - il PM₁₀ in particolare - riportati nelle Direttiva 2008/50/CE sulla qualità dell'aria.

Durante il negoziato sulla Direttiva il Mipaaf, avvalendosi del supporto tecnico del CREA, del CRPA e dell'ISMEA, ha collaborato con il MATTM per fornire alla Rappresentanza permanente d'Italia a Bruxelles gli elementi utili per la definizione del target sull'ammoniaca. Dopo circa un anno e mezzo di trattativa comunitaria, il 30 giugno 2016 il Consiglio ed il Parlamento europeo hanno raggiunto un accordo provvisorio che ha portato a definire per l'Italia (come Stato membro **complessivamente**, non come settore agricoltura) la riduzione del 16% delle emissioni di ammoniaca rispetto al 2005, da raggiungere entro il 2030 e da mantenere negli anni a venire. Sebbene il vincolo effettivo sia sul limite emissivo da rispettare a livello nazionale, quanto riportato nell'allegato III, parte 2, lettera A, punto 1 coinvolge direttamente il Ministero delle politiche agricole alimentari, forestali e del turismo, come amministrazione competente in materia, per la redazione di un codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole per controllare le emissioni di ammoniaca. In base a quanto indicato dalla Direttiva UE 2016/2284 (Allegato III Parte 2), il codice nazionale deve essere stabilito tenendo conto della Direttiva 2010/75/UE e del "codice quadro di buone pratiche agricole per la riduzione

3 Italian Emission Inventory 1990 - 2016. Informative Inventory Report 2018. (ISPRA) (Da ora in poi IIR 2018)

delle emissioni di ammoniaca” pubblicato nel 2015 dall’UNECE (4) e deve riguardare quanto meno gli aspetti seguenti:

- a) gestione dell'azoto, tenendo conto dell'intero ciclo dell'azoto;
- b) strategie di alimentazione del bestiame;
- c) tecniche di spandimento di effluenti di allevamento che comportano emissioni ridotte;
- d) sistemi di stoccaggio di effluenti di allevamento che comportano emissioni ridotte;
- e) sistemi di stabulazione che comportano emissioni ridotte;
- f) possibilità di limitare le emissioni di ammoniaca derivanti dall'impiego di fertilizzanti minerali.

Gli elementi nodali, su cui il Legislatore europeo chiede di focalizzare l’attenzione nella redazione del manuale di buone pratiche agricole per la riduzione delle emissioni di ammoniaca, sono individuabili anche nelle “Linee guida per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività agricole e zootecniche” prodotte nel contesto dell’Accordo Bacino Padano. Il Mipaaf infatti, contemporaneamente alla trattativa sulla Direttiva NEC, ha coordinato i lavori tecnici del GdL costituito in occasione dell’Accordo, per fornire il proprio contributo al miglioramento della qualità dell’aria nella Pianura Padana, dove la concentrazione di determinati inquinanti atmosferici risulta particolarmente delicata.

2. Le emissioni di ammoniaca in Italia

2.1. Trend emissivi nazionali di ammoniaca dal 1990 e nel periodo 2005-2016

Per poter agire in modo efficace sulla riduzione delle emissioni di ammoniaca, bisogna prima di tutto individuare le principali fonti emissive. Questo consentirà di definire le “categorie chiave” su cui agire in modo prioritario e le misure più consone a raggiungere l’obiettivo di riduzione, non perdendo mai di vista l’analisi “costi/benefici” degli interventi, sia dal punto di vista ambientale che economico e produttivo.

Di seguito viene, quindi, fornita una tabella che riporta le principali fonti di emissione di ammoniaca in Italia ed il loro apporto al totale nazionale (Tabella 1), con uno specifico focus sul contributo dell’agricoltura (Tabella 2)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Combustione derivante dalle industrie energetiche e di trasformazione	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Impianti di combustione non industriali	1,1	1,1	1,0	1,0	1,8	1,1	1,7	1,7	1,5	1,7	1,6

4 Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions. UNECE 2015.

Combustione industriale	0,1	0,1	0,1	3,5	1,2	1,3	1,0	1,0	0,9	0,7	0,9
Processi produttivi	0,8	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5
Produzione geotermica	8,4	9,0	12,3	13,3	6,0	5,9	3,9	5,0	3,6	4,1	4,2
Trasporti su strada	0,8	6,9	19,9	14,7	9,1	8,4	6,9	6,6	6,3	6,0	5,6
Altre fonti mobili e macchinari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trattamento e smaltimento dei rifiuti	5,2	6,6	7,5	8,1	8,0	9,0	9,1	10,6	11,1	11,0	10,9
Agricoltura	456	428	414	383	360	361	372	352	343	344	358
Totale	472,5	452,2	455,2	424,3	386,8	387,3	395,3	377,5	367	368,2	381,9

Fonte: rielaborazione dati IIR 2018 (ISPRA)

1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
96,51	94,65	90,95	90,27	93,07	93,21	94,11	93,25	93,46	93,43	93,74

Fonte: rielaborazione dati IIR 2018 (ISPRA)

Prendendo come anno di riferimento il 1990, dalle tabelle sopra riportate emerge che al 2016 le emissioni nazionali di ammoniaca si sono ridotte del 19,17%. Nel medesimo periodo, i settori che hanno riportato le percentuali maggiori di riduzione sono il settore geotermico (-50%), il settore dei processi produttivi (-37,5%) ed il settore agricolo (-21,49%) ma mentre i primi due settori contribuiscono in modo irrilevante o poco significativo sul totale delle emissioni nazionali - in media rispettivamente poco più dell'1,0% e dello 0,1% - il settore agricolo è responsabile di circa il 94 % delle emissioni complessive. Anche i settori che risultano in forte incremento, come i trasporti (le emissioni sono incrementate di sette volte rispetto al 1990), la combustione derivante dalle industrie energetiche e di trasformazione (risultano raddoppiate) e gli impianti di combustione non industriali (emissioni aumentate quasi di 1,5 volte rispetto all'anno di partenza) non risultano essere significativi per il contributo alle emissioni nazionali (rispettivamente, in media, 1,4%, 0,04% e 0,4%). Dal 2005 al 2016 l'agricoltura ha fatto registrare una riduzione di NH₃ di 25 kt (-6,25%).

Da quanto appena detto, risulta evidente che per ottenere una riduzione rilevante a livello nazionale delle emissioni di ammoniaca, bisogna intervenire sul settore agricolo, nello specifico sulle categorie più importanti dal punto di vista emissivo.

2.2 Trend emissivi regionali del settore agricoltura

Nelle tabelle 3 e 4 sono riportati i quantitativi di ammoniaca emessi dal settore agricoltura suddivisi per Regione ⁽⁵⁾. Nella tabella 3 le emissioni sono state suddivise per fonte emissiva mentre nella tabella 4 sono riportati i valori totali di emissione con una suddivisione

⁵ L'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera viene elaborato da ISPRA annualmente e con riferimento al territorio nazionale, al fine di rispondere agli obblighi derivanti dalla direttiva NEC, dall'UNECE/CLRTAP e dall'UNFCCC. Inoltre, agli Stati membri viene richiesta ogni cinque anni la presentazione dell'inventario delle emissioni dei gas serra e degli inquinanti transfrontalieri a lungo raggio disaggregate a livello provinciale. Tutti gli anni viene preparato l'inventario delle emissioni per l'anno $x-2$ ed effettuata una revisione della serie storica. Ad esempio, nel 2018 è stato realizzato l'inventario per l'anno 2016 e revisionata la serie storica dal 1990 al 2015.

percentuale regionale sul totale delle emissioni comprensiva di quella dovuta alla bruciatura delle stoppie/residui colturali.

Tabella 3 - Emissioni regionali ammoniacca differenziate per fonte emissiva						
Emissioni di ammoniacca da applicazione al suolo di fertilizzanti azotati sintetici (dati espressi in tonnellate)						
Regione	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Piemonte	6.962	8.058	5.778	5.763	4.449	4.913
Valle d'Aosta	14	1	1	1	1	1
Lombardia	10.837	14.487	12.970	13.550	8.905	9.449
Trentino-Alto Adige	284	207	323	331	363	219
Veneto	8.087	8.689	12.151	12.932	7.722	9.314
Friuli-Venezia Giulia	2.162	3.551	3.496	3.617	2.280	2.559
Liguria	103	342	91	79	266	107
Emilia-Romagna	9.210	11.576	8.529	9.204	5.444	8.987
Toscana	4.482	3.663	3.551	2.612	1.713	1.923
Umbria	2.479	1.764	2.624	2.450	1.476	1.957
Marche	3.143	2.240	3.468	2.914	1.841	3.115
Lazio	3.800	2.609	3.194	2.387	1.701	2.056
Abruzzo	2.516	1.175	1.496	1.195	399	700
Molise	756	595	471	708	1.007	843
Campania	3.043	2.755	3.557	3.442	1.726	1.578
Puglia	5.041	5.938	4.272	5.278	5.793	2.805
Basilicata	879	788	719	665	601	151
Calabria	1.188	1.603	1.006	975	345	745
Sicilia	3.904	2.914	3.935	1.865	1.248	1.051
Sardegna	1.554	634	1.643	1.598	1.057	1.240
Totale	70.444	73.589	73.273	71.568	48.336	53.712
Emissioni di ammoniacca da spandimento degli effluenti zootecnici, pascolo, da applicazione al suolo di altri fertilizzanti azotati organici e fanghi da depurazione, da azoto-fissazione delle leguminose (dati espressi in tonnellate)						
Regione	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Piemonte	11.061	10.104	9.492	8.189	8.720	7.404
Valle d'Aosta	392	339	336	282	250	212
Lombardia	28.454	24.214	24.090	22.366	23.045	19.649
Trentino-Alto Adige	2.745	2.066	2.483	2.251	2.058	1.760
Veneto	13.909	12.014	11.653	10.446	9.985	10.838
Friuli-Venezia Giulia	2.399	1.937	1.963	1.839	1.722	1.453
Liguria	320	294	264	211	189	212
Emilia-Romagna	15.469	12.508	11.742	10.902	9.902	9.415
Toscana	3.440	3.335	3.024	2.529	2.252	2.098
Umbria	2.317	2.020	1.871	1.474	1.394	1.084
Marche	2.545	2.379	1.860	1.534	1.612	1.466

Lazio	5.960	5.705	4.910	4.171	4.761	4.415
Abruzzo	2.401	2.032	1.923	1.532	1.631	1.227
Molise	1.180	1.165	1.063	906	833	815
Campania	4.754	4.702	4.617	3.883	4.581	3.882
Puglia	2.836	2.760	3.003	2.304	2.951	2.656
Basilicata	1.652	1.620	1.836	1.949	1.449	1.286
Calabria	2.433	2.466	2.070	1.613	1.647	1.448
Sicilia	5.939	5.966	4.519	3.685	4.367	3.728
Sardegna	6.621	8.300	8.581	6.954	7.042	5.987
Totale	116.825	105.925	101.301	89.018	90.389	81.034

Emissioni di ammoniaca dalle deiezioni animali depositate nei ricoveri e dallo stoccaggio delle deiezioni (dati espressi in tonnellate)

Regione	1990	1995	2000	2005	2010	2015
Piemonte	25.925	26.420	25.431	22.680	23.909	21.917
Valle d'Aosta	734	736	860	743	669	617
Lombardia	69.737	61.772	64.869	61.899	62.364	58.103
Trentino-Alto Adige	5.368	4.491	6.103	5.698	5.312	4.959
Veneto	39.688	36.050	35.122	33.345	31.274	34.579
Friuli-Venezia Giulia	6.330	5.442	5.631	5.482	5.352	4.523
Liguria	663	674	505	427	328	311
Emilia-Romagna	39.648	32.959	30.852	30.378	26.667	23.907
Toscana	7.138	6.386	4.923	3.852	3.252	3.573
Umbria	6.121	5.063	4.827	3.536	3.601	2.722
Marche	6.796	6.483	4.724	3.600	3.994	4.227
Lazio	11.380	10.888	9.472	8.712	8.820	7.735
Abruzzo	4.773	4.166	3.776	3.022	3.863	2.873
Molise	2.816	2.799	2.356	2.497	2.215	2.612
Campania	10.115	10.851	11.704	9.628	11.859	11.089
Puglia	4.853	4.808	5.282	4.712	5.402	5.578
Basilicata	2.729	2.739	2.819	3.628	2.851	2.688
Calabria	4.617	4.998	3.747	2.823	3.136	2.781
Sicilia	9.876	10.998	7.637	7.450	8.626	7.578
Sardegna	8.959	9.537	8.499	7.894	7.558	6.304
Totale	268.267	248.261	239.138	222.006	221.052	208.677
Totale NH ₃ senza bruc. stoppie	455.537	427.775	413.712	382.592	359.777	343.423
Totale Nazionale	456.024	428.256	414.193	383.110	360.278	343.932

Fonte: Elaborazione ISPRA - dati nazionali IIR 2018

Tabella 4 - Ripartizione regionale emissione ammoniaca (dati espressi in tonnellate). Totale agricoltura

REGIONE	1990	1995	2000	2005	2010	2015	% emissione regionale rispetto al totale IIR 2018 nel 2015

Piemonte	43.948	44.581	40.701	36.632	37.078	34.233	9,95
Valle d'Aosta	1.139	1.076	1.197	1.025	920	830	0,24
Lombardia	109.028	100.473	101.929	97.815	94.314	87.201	25,35
Trentino-Alto Adige	8.396	6.764	8.908	8.279	7.732	6.939	2,02
Veneto	61.685	56.753	58.926	56.723	48.981	54.731	15,91
Friuli-Venezia Giulia	10.891	10.929	11.090	10.938	9.353	8.535	2,48
Liguria	1.087	1.310	861	717	782	630	0,18
Emilia-Romagna	64.327	57.043	51.123	50.484	42.013	42.308	12,30
Toscana	15.060	13.385	11.497	8.994	7.217	7.594	2,21
Umbria	10.917	8.847	9.322	7.461	6.470	5.763	1,68
Marche	12.484	11.102	10.052	8.048	7.447	8.808	2,56
Lazio	21.140	19.202	17.576	15.270	15.281	14.206	4,13
Abruzzo	9.690	7.373	7.195	5.749	5.893	4.800	1,40
Molise	4.752	4.559	3.890	4.111	4.055	4.271	1,24
Campania	17.913	18.309	19.878	16.953	18.166	16.548	4,81
Puglia	12.729	13.506	12.557	12.294	14.146	11.039	3,21
Basilicata	5.259	5.147	5.374	6.242	4.900	4.125	1,20
Calabria	8.238	9.067	6.823	5.411	5.127	4.973	1,45
Sicilia	19.719	19.878	16.091	13.000	14.242	12.357	3,59
Sardegna	17.135	18.471	18.723	16.446	15.657	13.531	3,93
TOTALE	455.537	427.775	413.712	382.592	359.777	343.423	
Bruciatura stoppie	487	480	481	519	502	509	0,15
Totale da IIR 2018 (comprensivo della bruciatura dei residui cerealicoli)	456.024	428.256	414.193	383.110	360.278	343.932	

Fonte: Elaborazione ISPRA – dati nazionali IIR 2018

3. Zootecnia e coltivazioni: dove e come intervenire?

Analizzando i due principali “sotto settori” agricoli, vale a dire “zootecnia” e “coltivazioni”, dai dati ISPRA emerge che per il sotto settore “zootecnia” (v. Tabella 5) la gestione degli effluenti, relativa alle emissioni derivanti dalla stabulazione degli animali e dallo stoccaggio degli effluenti zootecnici è la fase aziendale in cui si generano circa il 54% del totale delle emissioni agricole. Le categorie più significative per questa voce, dette anche “categorie chiave”, risultano essere i bovini, intesi come somma dei bovini da latte e non da latte, seguiti dai suini e dagli avicoli, che comprendono polli da carne, ovaiole ed altre specie come tacchini e anatre.

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Totale bovini	182,95	160,38	154,42	134,97	129,98	128,12	128,41	126,57	123,63	124,12	126,79
Totale avicoli	35,29	36,94	32,06	31,14	33,80	34,04	33,40	32,46	32,14	32,69	34,14
Suini	36,21	34,31	34,59	36,84	34,05	33,26	31,58	29,76	30,10	30,13	29,50

Totale gestione effluenti	254,45	231,63	221,07	202,95	197,83	195,42	193,39	188,79	185,87	186,94	190,43
Totale agricoltura	456	428	414	383	360	361	372	352	343	344	358

Fonte: rielaborazione dati IIR 2018 (ISPRA)

Come riportato nell'Informative Inventory Report 2018 ⁽⁶⁾, la stima delle emissioni del settore agricoltura si basa sulla metodologia descritta nell'*EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016* (EMEP/EEA, 2016) dell'Agenzia Europea dell'Ambiente e relativamente alle emissioni derivanti dalla gestione delle deiezioni zootecniche si utilizza una metodologia dettagliata (definita Tier2) basata sul flusso di massa dell'azoto costruito a partire dall'azoto escreto annualmente per ciascuna delle categorie animali e dalla stima delle perdite percentuali di azoto sotto forma di emissioni di ammoniaca per ciascuno stadio emissivo caratteristico della produzione zootecnica. Per maggiori dettagli si rimanda alla lettura del rapporto menzionato. Nella tabella 6 sono riportati i fattori di emissione di ammoniaca per le diverse fasi di gestione delle deiezioni zootecniche, per categoria animale e per anno. Le variazioni negli anni dei valori risentono delle modifiche nelle pratiche di gestione rilevate attraverso studi nazionali e dati statistici, come riportato nel rapporto menzionato.

Tabella 6 - Fattori di emissione di N-NH₃ (kg N-NH₃/capo/anno) per le varie tipologie di animali

Anno/Categorie animali	Vacche da latte	Altri bovini	Bufalini	Altri suini	Scrofe	Cavalli	Altri equini	Caprini	Ovini	Ovaiole	Broilers	Altri avicoli	Conigli
ricovero													
1990	12.73	5.65	10.58	2.10	4.39	2.67	2.67	0.18	0.18	0.18	0.07	0.15	0.28
2003	12.73	5.69	11.23	2.01	4.23	2.67	2.67	0.18	0.18	0.10	0.07	0.15	0.28
2005	12.73	5.60	10.69	1.97	4.00	2.67	2.67	0.18	0.18	0.07	0.07	0.15	0.28
2010	13.78	6.07	11.57	1.96	4.00	2.67	2.67	0.18	0.18	0.10	0.07	0.15	0.28
2013	13.78	6.24	11.03	1.96	4.00	2.67	2.67	0.18	0.18	0.10	0.07	0.15	0.28
2016	13.78	6.24	11.19	1.96	4.00	2.67	2.67	0.18	0.18	0.10	0.07	0.15	0.28
stoccaggio													
1990	17.92	7.99	14.89	1.79	3.84					0.08	0.04	0.09	0.11
2003	16.50	7.57	14.59	1.60	3.61					0.05	0.04	0.09	0.11
2005	16.42	7.43	13.89	1.69	3.77					0.05	0.04	0.09	0.11
2010	16.18	7.33	13.77	1.38	3.08					0.04	0.04	0.09	0.11
2013	14.50	6.70	12.27	1.21	2.51					0.04	0.04	0.09	0.11
2016	14.44	6.67	12.45	1.20	2.50					0.04	0.04	0.09	0.11
spandimento													
1990	12.74	5.36	9.92	1.32	2.84	2.26	2.26	0.38	0.38	0.05	0.03	0.06	0.06
2003	10.45	4.64	10.88	1.13	2.55	2.26	2.26	0.38	0.38	0.04	0.02	0.05	0.06
2005	10.43	4.57	10.44	1.14	2.54	2.26	2.26	0.38	0.38	0.04	0.02	0.05	0.06
2010	10.15	4.68	10.33	1.13	2.53	2.26	2.26	0.38	0.38	0.04	0.02	0.05	0.06
2013	8.39	3.93	10.02	1.04	2.17	2.26	2.26	0.38	0.38	0.04	0.02	0.05	0.06
2016	8.38	3.92	10.02	1.03	2.17	2.26	2.26	0.38	0.38	0.04	0.02	0.05	0.06

6 Tale rapporto, nell'ambito della Convenzione United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP), viene elaborato ogni anno dall'ISPRA, che ha la piena responsabilità di tutto il lavoro relativo la realizzazione dell'inventario delle emissioni e l'invio dei dati presso il segretariato della Convenzione. Il rapporto può essere scaricato al link <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/serie-storiche-emissioni/informative-inventory-report-2018/view>

pascolo												
1990	0.46	0.09	0.22			2.40	2.40	0.58	0.58			
2003	0.46	0.10	0.23			2.40	2.40	0.58	0.58			
2005	0.46	0.10	0.22			2.40	2.40	0.58	0.58			
2010	0.46	0.10	0.22			2.40	2.40	0.58	0.58			
2013	0.46	0.11	0.21			2.40	2.40	0.58	0.58			
2016	0.46	0.11	0.21			2.40	2.40	0.58	0.58			

Per il sotto settore “coltivazioni” (tabella 7), invece, com’è logico aspettarsi, lo spandimento degli effluenti zootecnici e l’utilizzo dei fertilizzanti di sintesi è l’attività principale ⁽⁷⁾, se non l’unica, responsabile delle emissioni di ammoniaca che costituiscono circa il 36% delle emissioni totali agricole. Tralasciando di esprimere considerazioni su aspetti gestionali, economici ed ambientali e soffermandoci ad esaminare solo l’aspetto emissivo, lo spandimento degli effluenti incide maggiormente rispetto all’utilizzo dei fertilizzanti di sintesi ⁽⁸⁾.

Tuttavia questa evidenza non deve tradursi in un giudizio che la fertilizzazione mediante concimi di sintesi sia migliore, riguardo all’ambiente, rispetto a quella basata su reflui zootecnici. Infatti molte sono le variabili meteo-pedologiche in gioco (precipitazioni, temperatura del suolo e dell’aria, profondità della falda freatica sottostante, ecc.) che sono in grado di invertire gli effetti. Ciò che è osservabile è che sui reflui zootecnici ci sono ampi margini di miglioramento gestionale nella distribuzione in campo.

Fertilizzazioni	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Inorg. (urea inclusa)	70,44	73,59	73,27	71,57	48,34	50,03	72,29	58,26	52,11	53,71	63,35
Organ. (spand. effl.)	102,34	90,58	84,90	75,66	75,13	72,15	68,86	65,82	64,72	64,83	65,99
Tot. fertilizzazioni	172,78	164,17	158,17	147,23	123,47	122,18	141,15	124,08	116,83	118,54	129,34
Totale agricoltura	456	428	414	383	360	361	372	352	343	344	358

Fonte: rielaborazione dati IIR 2018 (ISPRA)

Nella tabella 8 sono riportati i fattori di emissione di ammoniaca e la quantità di azoto contenuto nei fertilizzanti di sintesi distribuiti sul territorio nazionale, tratti dal rapporto IIR 2018 menzionato.

Tabella 8 - Serie temporali del contenuto di N per fertilizzante e relativo fattore di emissione

Tipo di fertilizzante	Fattore di emissione	Contenuto di azoto (t N/anno)										
		1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Solfato di ammonio	8%	50.762	61.059	36.698	27.855	32.568	27.418	27.246	15.599	13.597	16.986	18.064
Calcio cianammide	1%	3.310	507	3.003	2.357	4.958	4.675	4.408	4.164	3.091	3.046	2.803
Nitrato (*)	1%	157.221	189.907	164.134	167.872	72.833	72.334	103.606	72.930	92.569	91.357	79.753

7 La categoria emissiva “suoli agricoli” include anche l’applicazione di fanghi da depurazione e di altri fertilizzanti organici (compost), ancorché si tratti di materiali derivanti da “rifiuto” ai sensi del Titolo IV del D. Lgs. n. 152/2006 e smi. La categoria “suoli agricoli” ricomprende anche il pascolo, le leguminose (processo di azoto-fissazione).

8 Considerando la categoria emissiva “suoli agricoli” nel complesso, il contributo emissivo è pari al 41 % rispetto al totale del settore agricoltura

Urea	13%	291.581	321.196	329.496	317.814	209.829	219.033	344.981	282.197	246.957	266.154	321.594
Altro azoto nitrico	1%	-	-	3.204	5.219	3.332	3.479	4.122	2.908	1.943	1.189	1.513
Altro azoto ammoniacale	1%	-	-	6.278	18.069	12.412	12.993	13.517	3.820	4.279	7.035	8.423
Altri azotati ammidici	13%	-	-	6.988	17.420	15.366	17.663	23.906	19.572	22.855	11.796	18.246
Fosfati azotati	6%	112.237	99.468	77.916	69.758	45.837	47.272	51.277	50.726	36.773	35.054	33.240
Potassio azotato	2%	3.937	2.876	5.291	12.289	15.955	17.758	16.720	24.322	8.922	9.077	13.361
Concimi NPK	6%	138.018	101.528	113.897	106.384	64.462	65.444	75.142	48.097	48.979	50.174	49.829
Organico minerali	1%	444	20.960	38.688	34.809	19.085	27.897	18.641	22.209	25.161	25.986	20.385
Totale		757.509	797.500	785.593	779.846	496.637	515.966	683.566	546.542	505.126	517.854	567.211

(*) include nitrato di ammonio < 27% e nitrato di ammonio > 27% e nitrato di calcio

La tabella 9 viene proposta non solo come riassuntiva delle principali fonti emmissive agricole, ma soprattutto per dimostrare che interventi mirati nella gestione degli effluenti e nell'utilizzo dei fertilizzanti possono effettivamente ridurre in modo significativo le emissioni di ammoniaca.

Tabella 9 - Contributo % delle emissioni derivanti dalla gestione degli effluenti e dalle pratiche di fertilizzazione sul totale delle emissioni agricole											
	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Gestione degli effluenti	55,80	54,12	53,40	52,99	54,95	54,13	51,99	53,63	54,19	54,34	53,19
Pratiche di fertilizzazione	37,89	38,36	38,21	38,44	34,30	33,84	37,94	35,25	34,06	34,46	36,13
Entrambe le fonti	93,69	92,48	91,61	91,43	89,25	87,97	89,93	88,88	88,25	88,8	89,32

Fonte: rielaborazione dati IIR 2018 (ISPRA)

4. Le misure richieste dalla Direttiva NEC e correlazioni con interventi già in essere derivanti da altri atti normativi ambientali

4.1 Premessa

Prima di analizzare nel dettaglio le misure previste dalla Direttiva NEC bisogna specificare che l'obbligo posto dalla stessa direttiva non riguarda tanto la scelta delle misure da attuare, quanto piuttosto il limite di riduzione delle emissioni di ammoniaca da raggiungere entro il 2030, rispetto al 2005, e da mantenere negli anni a seguire (Allegato II "Impegni nazionali di riduzione delle emissioni", tabella B). Come già accennato in precedenza (capitolo 1.1), all'Italia è stato assegnato un obiettivo complessivo di riduzione pari al 16% con riferimento a tutti i settori. Questo vuol dire che al 2030 il nostro Paese dovrà essere in grado di rispettare il limite di 356,41 kt/anno di ammoniaca e che al 2016 l'Italia supera questo limite di circa 25 kt⁽⁹⁾.

Particolare attenzione deve essere posta all'ammoniaca in quanto è precursore del particolato atmosferico fine (PM_{2,5}), che è dannoso per la salute umana. In ambito zootecnico, le emissioni

⁹ Il limite da rispettare dovrà essere calcolato sulla stima nazionale delle emissioni di ammoniaca dell'anno 2005 considerando l'ultima stima disponibile. Il dato, quindi, è suscettibile di variazioni non sostanziali

di ammoniaca sono generate dalle fermentazioni microbiche a carico dell'azoto presente nelle deiezioni (feci e urine) e avvengono in tutte le fasi di gestione, dal momento dell'escrezione nel ricovero fino alla distribuzione in campo. Nello specifico, l'ammoniaca si forma sia per idrolisi enzimatica dell'urea presente nelle urine ad opera dell'enzima ureasi, sia per degradazione microbica della proteina non digerita presente nelle feci. La prima reazione è particolarmente veloce perché l'enzima ureasi è prodotto dai microorganismi naturalmente presenti nelle deiezioni e nel terreno: nelle normali condizioni di allevamento l'urea presente nelle urine viene trasformata in ammoniaca nel giro di poche ore. La liberazione di ammoniaca dalle feci, invece, richiede tempi più lunghi per il processo di mineralizzazione e si realizza tipicamente durante uno stoccaggio prolungato delle deiezioni. Una volta prodotta, l'ammoniaca tende a volatilizzare rapidamente in funzione della temperatura ambiente e/o della ventilazione sulla superficie interessata dalle deiezioni.

Conformemente a quanto riportato nella Direttiva NEC (2016/2284) e nel Decreto legislativo di recepimento (n.81 del 30 maggio 2018), questo documento riporta le misure **per la riduzione delle emissioni di ammoniaca nel settore agricolo** tenendo conto del pertinente documento di orientamento sull'ammoniaca (Ammonia Guidance Document ⁽¹⁰⁾, da ora in poi: AGD) e le migliori tecniche disponibili (Best Available Techniques, da ora in poi: BAT), conformemente alla direttiva 2010/75/UE.

Inoltre, si farà riferimento a quanto riportato nella proposta di linee guida del Mipaaf prodotte nel contesto dell'Accordo Bacino Padano ⁽¹¹⁾ (da ora in poi: LG Mipaaf).

Per ciò che riguarda le proposte relative alle strategie di riduzione delle emissioni, si riportano di seguito quelle che soddisfano le soglie minime di riduzione indicate nel codice quadro di buone pratiche agricole dell'UNECE⁽¹²⁾.

Le linee guida UNECE dividono le strategie di abbattimento delle emissioni in tre categorie:

- categoria 1: si tratta di tecniche o strategie di cui è disponibile un'ampia documentazione scientifica e che sono considerate praticamente applicabili. Relativamente ad esse, si dispone di dati quantitativi riguardanti la loro efficacia di abbattimento;
- categoria 2: si tratta di tecniche o strategie promettenti, ma relativamente alle quali non si dispone di dati quantitativi sufficienti sulla loro efficacia;
- categoria 3: si tratta di tecniche o strategie che al momento non hanno dimostrato di essere efficaci oppure che sembrano essere non praticamente realizzabili.

In linea di massima, le tecniche riportate di seguito nel presente testo appartengono alla categoria 1. Ciò non toglie che se ne possano aggiungere delle altre che, nel frattempo, siano state oggetto di ulteriori sperimentazioni o applicazioni su scala aziendale, che ne abbiano

¹⁰ UNECE/EB.AIR/120, 2014

¹¹ Linee guida per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività agricole e zootecniche, secondo quanto previsto dall'art. 5, comma 1, lettera b dell'Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano del 19 dicembre 2013

¹² UNECE/EB.AIR/129, 2015

dimostrato l'efficacia o per le quali si siano trovate soluzioni tecnologiche per renderle praticamente ed economicamente applicabili.

4.2 Bilancio dell'azoto

Al bilancio nazionale dell'azoto per il settore agricolo contribuiscono, ovviamente, tutte le singole realtà aziendali. Pertanto, in una valutazione dell'impatto ambientale di tutte le componenti del processo produttivo della filiera agro-zootecnica, il bilancio, inteso come differenza tra entrate (input) e uscite (output) dal sistema suolo-pianta-atmosfera, può guidare l'operatore agricolo nella scelta della gestione dell'azoto a livello aziendale.

Al fine della valutazione dell'evoluzione delle perdite complessive di azoto reattivo di origine agricola, che la direttiva NEC invita gli Stati membri a definire a scala nazionale, possono essere impiegate le basi dati informative connesse ad altre normative ambientali, quali in primis:

- la direttiva 2010/75/UE regolamentata per le imprese zootecniche (suini e avicoli) attraverso la Decisione di esecuzione 15 febbraio 2017 n. 302
- la direttiva 91/676/CEE, che richiede agli agricoltori la predisposizione della comunicazione, dei piani di utilizzazione agronomica (PUA) e il rispetto di massimali azotati per le singole coltivazioni agrarie in funzione del fabbisogno e della resa.
- La disciplina autorizzativa delle emissioni generali in atmosfera (di cui all'art 269 del D,Lgs 152/2006) che include gli allevamenti bovini sia da latte che da carne.

Per stimare il fabbisogno di azoto colturale potrà essere utilizzato in modo efficace il sistema informativo SIGC attraverso il quale annualmente vengono dichiarate dagli agricoltori le superfici colturali richieste ai fini dei pagamenti della PAC.

Per la stima del bilancio dell'azoto a livello nazionale richiesta dalla direttiva NEC il bilancio di massa dell'azoto delle aziende agricole e/o zootecniche potrà essere fatto con i dati reperibili in letteratura o mediante programmi che utilizzano Tier di livello almeno 2 per le fonti di emissione principali⁽¹³⁾.

Le principali categorie aziendali che rappresentano le realtà critiche per il rischio emissivo vengono classificate da Bittman et al. (2014) come di seguito indicato:

- Azienda intensiva a vocazione esclusivamente zootecnica senza terra: il bilancio aziendale tiene conto della componente dell'allevamento (principalmente bovini da carne, suini, avicoli e cunicoli), prendendo in considerazione anche gli input relativi al carico di bestiame presente all'inizio dell'anno, agli animali acquistati e agli alimenti acquistati dall'esterno.

13 Con riferimento alla metodologia descritta nell'EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 (EMEP/EEA, 2016) dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>), sulla quale si basa la stima delle emissioni dell'inventario nazionale, predisposto dall'ISPRA (IIR, 2018)

- Azienda a vocazione esclusivamente agricola, senza allevamento: il bilancio aziendale coincide con quello del sistema colturale:
 - colture erbacee di pieno campo (seminativi a ciclo primaverile-estivo e/o autunno-vernino);
 - ortive di pieno campo o coltivate in ambiente protetto;
 - arboree da frutto (ivi compreso vite e olivo).
- Azienda mista agro-zootecnica (vocazione agricola + zootecnica) con dominanza dell'allevamento: il bilancio tiene conto sia del sistema colturale (che può essere costituito da una o più delle precedenti categorie produttive, nonché dalla presenza di colture foraggere, quali erbai annuali e prati poliennali non destinati a pascolo), sia dell'allevamento (che ricade in una o più tipologie di allevamento).
- Azienda zootecnica con pascoli: il bilancio tiene conto sia del sistema colturale (presenza di foraggere annuali o permanenti, con superfici destinate al pascolo), sia dell'allevamento (che ricade in una o più tipologie di allevamento che, per la zona considerata, sarà rappresentata principalmente da bovini da latte o da carne).

Una delle modalità di stima che utilizza le categorie aziendali di cui sopra potrebbe vedere l'individuazione di un'azienda standard all'interno di ciascuna categoria rispetto alla quale si potrebbe stimare il bilancio dell'azoto. La rete RICA potrebbe essere al riguardo di valido supporto. Gli elementi stimati in tal modo rappresentano il punto di partenza per redigere il *piano di carico zootecnico* (nel caso di azienda con allevamenti), il *piano di concimazione* e la relativa *efficienza di utilizzazione*.

4.3 Utilizzo di fertilizzanti al carbonato d'ammonio

Per quanto stabilito dal D.Lgs. 30 maggio 2018 n. 81 (allegato III, parte 2, lettera A, punto 3) di recepimento della Direttiva (UE) 2016/2284 è fatto divieto di utilizzare fertilizzanti a base di carbonato di ammonio.

4.4 Metodi per la riduzione di ammoniaca provenienti da concimi minerali azotati (ai sensi del D.lgs. n.75/2010)

Considerando che la predisposizione di piani di concimazione basati sul bilancio degli elementi nutritivi costituisce sempre una buona pratica agricola per aumentare l'efficienza d'uso dell'azoto, e di conseguenza per ridurre le perdite, tra cui le emissioni di ammoniaca derivanti da urea, possono essere adottate una o più delle seguenti opzioni:

- 1) incorporazione nel terreno nel tempo più breve possibile;
- 2) irrigazione immediatamente dopo la distribuzione ad eccezione delle colture a ciclo autunno vernine in ambienti in regime non irriguo e tenuto conto della tipologia del suolo e della vulnerabilità alla lisciviazione dei nitrati
- 3) tecniche di fertirrigazione;
- 4) adozione di pratiche di agricoltura di precisione;
- 5) uso di inibitori dell' ureasi e della nitrificazione;

- 6) sostituzione con altre tipologie di concimi azotati quali nitrato di ammonio⁽¹⁴⁾, organo minerali, a lento rilascio , a cessione controllata , ricoperti, ecc.;
- 7) sostituzione dell'urea e dei concimi azotati minerali con fertilizzanti organici con distribuzione eseguita così come disciplinato dai programmi d'azione vigenti in materia di distribuzione effluenti, e comunque entro le 24 ore stabilite dal DM 25 febbraio 2016.

Nella tabella 10 è esposto un elenco di modalità di applicazione dei concimi azotati di sintesi chimica che a vario titolo permettono di limitare il potenziale emissivo dell'ammoniaca in fase di distribuzione in campo.

Tabella 10 - Mitigazione degli effetti di applicazione di concimi (base ureica) sulle emissioni di ammoniaca (UNECE, 2014)				
Misura di abbattimento	Tipo di concime	Riduzione delle emissioni di NH ₃ (%)	Fattori che influenzano la riduzione delle emissioni	Applicazione
Distribuzione in pieno campo	Base di urea	Riferimento	-	-
Iniezione a solchi chiusi	Base di urea ammoniacale anidra	80-90%	Profondità di applicazione, tessitura del suolo, chiusura dei solchi	Terreno lavorato o con lavorazione ridotta prima della semina; o durante la semina; o durante il diserbo meccanico
Incorporazione	Base di urea	50-80%	Durata dopo l'applicazione, profondità, tessitura del terreno	Su terreni lavorati prima della germinazione della coltura
Irrigazione	Base di urea	40-70%	Tempi e volumi di irrigazione, umidità del suolo, tessitura del terreno	Quando l'irrigazione è praticata
Inibitori di ureasi	Base di urea	70% (urea solida) 40% (urea liquida; nitrato d'ammonio)	-	Tutti
Fertilizzanti a lento rilascio (rivestimento polimerico)	Base di urea	30%	La tipologia del rivestimento polimerico, la tecnica di applicazione del fertilizzante (superficiale o iniezione)	Tutti

14 Linee guida del Mipaaf, prodotte nel contesto dell'Accordo Bacino Padano (LG Mipaaf), in riferimento alla sostituzione dell'urea con fertilizzanti a basso potenziale emissivo, tra cui rientrano i fertilizzanti a base di nitrati d'ammonio, si afferma che alcuni tecnici la sconsigliano a fronte dell'interramento dell'urea (Capitolo 2.5 fertilizzazione minerale).

Sostituzione con nitrato d'ammonio	Base di urea e ammoniaca anidra	Fino a 90%	In condizioni laddove l'urea viene emessa almeno al 40%	Tutte, specialmente quando l'applicazione è superficiale e quando l'assenza di irrigazione è possibile
------------------------------------	---------------------------------	------------	---	--

4.5 Metodi per la riduzione di emissioni di ammoniaca provenienti da effluenti di allevamento

A. Applicazione di liquami e letami sui seminativi e sui prati

L'utilizzazione agronomica degli effluenti attraverso il loro spandimento è, tra le fasi emissive connesse alla produzione zootecnica, quello che potrebbe permettere una maggiore efficacia di riduzione della perdita di ammoniaca. Le buone pratiche adottabili in questa fase sono prevalentemente di tipo gestionale, quindi più facilmente applicabili a condizione di possedere un adeguato parco macchine¹⁵.

In questa ottica occorre introdurre un esplicito divieto della distribuzione in pressione degli effluenti liquidi tal quali (fatta salva l'impossibilità di utilizzare la meccanizzazione agricola per eccessive pendenze dei terreni) che determinando una forte polverizzazione e formazione di aerosol comporta livelli di emissioni molto elevati.

In questo documento sono prese in considerazione alcune tecniche (certamente non esaustive) che, oltre ad aver dimostrato un'effettiva efficacia permettono una riduzione emissiva di ammoniaca maggiore del 30% (tabella 11) in conformità con quanto stabilisce il D. Lgs. 81/2018 di recepimento della Direttiva (UE) 2016/2284.

Tabella 11 - Tecniche di spandimento delle deiezioni ed impatto sulle emissioni di ammoniaca (UNECE, 2014)			
Misura di abbattimento	Applicazione	Riduzione delle emissioni di NH ₃ (%)	Interazioni
Spandimento degli effluenti non palabili e assimilati			
Standard di riferimento	Distribuzione sulla superficie del suolo senza interrimento		
Spandimento in bande con tubi rasoterra (trailing hose)	L'effetto della riduzione di NH ₃ aumenta con l'aumento della copertura vegetativa.	30-35	Dipende dalla precisione di spandimento e dalla estensione della contaminazione della coltura con il liquame

¹⁵ Qualora l'analisi dei fabbisogni preventiva alla programmazione di interventi pubblici incentivanti rilevasse l'esigenza di un adeguamento generalizzato del parco macchine tale operazione potrà beneficiare di queste politiche di supporto.

Spandimento in bande con scarificazione (trailing shoe)	L'effetto della riduzione di NH ₃ aumenta con l'aumento della copertura vegetativa.	30-60	Dipende dalla precisione di spandimento e dalla estensione della contaminazione della coltura con il liquame
Iniezione del liquame (solchi aperti)	Profondità dell'iniezione ≤ 5 cm	70	Rischio di aumento di N ₂ O
Iniezione del liquame (solchi chiusi)	80% (solchi superficiali 5-10 cm) a 90% (iniezione profonda >15 cm)	80-90	Rischio di aumento di N ₂ O
Incorporazione immediata del liquame applicato in superficie	Se immediata con aratura: 90%. Se immediata con dischi: 70%. Se dopo 4h: da 45% a 65%. Se dopo 24h: 30%	30-90	-
Diluizione del liquame > del 4% SS e < del 2% SS ed utilizzo in fertirrigazione, anche eventuale separazione della frazione solida da quella liquida	La riduzione delle emissioni di NH ₃ è proporzionata alla variazione della diluizione: il 50% di riduzione della SS del liquame permette una riduzione del 30% di NH ₃	30	-
Spandimento degli effluenti palabili e assimilati			
Standard di riferimento	Distribuzione sulla superficie del suolo senza incorporazione		
Incorporazione immediata del solido scaricato distribuito in superficie	Se immediata (con aratura): 90%. Se immediata con dischi: 60%. Se dopo 4h: da 45% a 65%. Se dopo 12h: 50%. Se dopo 24h: 30%	30-90	Dipende dal grado di interrimento del solido, del tempo impiegato per l'interrimento, delle condizioni climatiche fra l'applicazione e l'incorporazione.

Riguardo a questo punto, è necessario preliminarmente affermare che rispetto alla tecnica di riferimento, riportata nell' AGD, cioè la distribuzione dei liquami e del letame sulla superficie del suolo senza che questi siano successivamente interrati e che non si adottino altri metodi per la riduzione dell'emissione dell'ammoniaca, lo stesso documento riporta alcune tecniche (tecniche di "categoria 1" ossia tecniche ben sperimentate, considerate praticabili e per le quali sono disponibili sufficienti dati sulla reale efficacia in termini di riduzione delle emissioni) che consentono l'abbattimento emissivo di ammoniaca con percentuali che vanno dal 30 al 90%.

Sommariamente, questi metodi sono:

- a) spandimento in bande con tubi a rasoterra (trailing hose)
- b) spandimento in bande con attrezzo scarificatore trainato (trailing shoe)
- c) iniezione dei liquami a solco aperto
- d) iniezione dei liquami a solco chiuso
- e) interrimento (incorporamento) entro poche ore del liquame o di deiezioni solide applicati in superficie;
- f) diluizione del liquame (almeno del 50% nei sistemi di irrigazione a bassa pressione).

Si riportano di seguito, per ogni metodo, l'efficacia media di riduzione emissiva (rispetto al riferimento), una brevissima descrizione nonché alcuni fattori che possono contribuire alla riduzione o a sconsigliarne l'uso.

A.1) In rapporto ai liquami

Lo spandimento in bande con tubo trainato a rasoterra. In questa tecnica una serie di tubi flessibili scende da una barra larga montata sulla cisterna del liquame. I tubi erogano il liquame al livello del suolo in bande parallele con una ampiezza che dipende dalla coltura da seminare. È praticabile l'applicazione fra i filari di colture arabili in crescita e utilizzabile anche sui prati che sui seminativi. Questa tecnica consente una riduzione delle emissioni di ammoniaca variabili tra il 30 e il 35% rispetto alla tecnica di riferimento. L'efficacia di questa tecnica è influenzata positivamente dal grado di copertura della coltura, e dalla precisione con cui si effettua la distribuzione, evitando in particolare di contaminare la vegetazione. Il metodo risulta di difficile attuazione nei terreni con una pendenza maggiore del 15%.

Lo spandimento in bande con attrezzo scarificatore trainato. In questo caso il liquame è erogato attraverso tubi rigidi terminati con una scarpetta metallica di distribuzione, progettata per applicare il liquame direttamente nelle bande strette sulla superficie e sotto le chiome delle colture. Alcuni tipi di scarpette di spandimento sono progettati per incidere lievemente il suolo, favorendo così l'infiltrazione (riduzione stimata dal 30 al 60%). È utilizzabile sui prati e sui seminativi prima della semina e su colture a file, ed è maggiormente efficace in relazione alla copertura vegetale e in funzione della precisione dello spandimento e della sua ampiezza. I fattori che possono influenzare l'efficacia di riduzione sono i medesimi di quelli visti per lo spandimento a tubi.

L'AGD e le LG Mipaaf per i liquami riportano lo spandimento a bande con trailing hose (tubo trainato) e con trailing shoe. In entrambe le misure, l'effetto della riduzione di NH₃ aumenta con l'aumento della copertura vegetativa, della precisione di distribuzione e dell'estensione della contaminazione della coltura con il liquame. Sia il trailing hose che il trailing shoe sono utilizzabili sia su seminativi che su prati, ma mentre la prima ha un'efficacia di riduzione del 30-35%, la seconda ha un potere di riduzione delle emissioni che può arrivare al 60%, anche se può essere attuata solo in pre-semina, o in colture a file fino alla fase a "rosetta".

Si consideri, inoltre, che la BAT 21⁽¹⁶⁾ afferma che l'applicabilità di queste tecniche può essere limitata quando la quantità di paglia nel liquame è troppo alta o quando il contenuto di sostanza secca del liquame è >10%.

L'iniezione superficiale a solco aperto (riduzione stimata del 70%) utilizzabile per i prati, o per i seminativi in cui è praticata, gestiti con la minima lavorazione, ha efficacia già a una profondità minore di 5 cm. Per effettuare incisioni verticali (profonde di norma 4-6 cm) nel suolo, formando solchi in cui va a depositarsi il liquame, si utilizzano erpici a denti o a dischi. Il liquame è iniettato interamente o in parte al di sotto della superficie del suolo. Il metodo non è adatto nei seguenti casi: pendenza del suolo maggiore del 15%, suoli fortemente pietrosi, suoli poco profondi, suoli fortemente argillosi (maggiori del 35%) e molto secchi, suoli drenati con canalizzazioni e suscettibili di lisciviazione.

L'iniezione profonda a solco chiuso (riduzione stimata dell'80% con profondità dei solchi dai 5 ai 15 cm e 90% con profondità di iniezione maggiore di 15 cm) utilizzabile per prati e seminativi. Questa tecnica, che consiste nel chiudere immediatamente il solco in cui è stato applicato il liquame mediante ruota di compressione o rulli, montati su erpici a denti o a dischi, è una tecnica inadatta per i seguenti casi: pendenza del suolo maggiore del 15%, suoli fortemente pietrosi, suoli poco profondi, suoli fortemente argillosi (maggiori del 35%) e molto secchi, suoli drenati con canalizzazioni e suscettibili di lisciviazione. L'iniezione profonda è una tecnica molto efficace ma che richiede l'uso di macchine specializzate; può comportare un incremento della percolazione di nitrati in falda nei suoli con tessitura grossolana.

L'incorporazione del liquame applicato in superficie, utilizzabile sui seminativi, ha una riduzione stimata dal 90% al 30%, variabile in relazione alla immediatezza di incorporazione (90% immediata con lavorazione, 70% con erpicatura a dischi; 45-65% entro le 4 ore; 30% entro le 24 ore). Negli ultimi due casi l'efficacia dipende dal metodo di applicazione e dalle condizioni climatiche tra il momento della applicazione e quello dell'incorporazione.

La diluizione del liquame, utilizzabile sia per i prati che per i seminativi, ha una riduzione stimata del 30% con diluizione del 50%. Quanto più la diluizione è spinta, tanto più il metodo è efficace. Deve essere usato con sistemi irrigui a bassa pressione. Il rapporto di diluizione acqua-liquame è compreso fra 1:1 e 1:50. Il contenuto di materia secca del liquame diluito è inferiore al 2 %. Si possono usare anche la frazione liquida chiarificata generata dalla separazione meccanica del liquame e del il digestato derivato dalla digestione anaerobica.

Per quanto riguarda l'iniezione effettuata a profondità più o meno elevata, l'efficacia va ben oltre la riduzione del 30%, variando dal 70% fino al 90% (70%: solo prati, iniezione a profondità di 5 cm, e solco aperto). Per questa misura la BAT 21 riporta che non è applicabile su terreni sassosi, superficiali o compattati, in cui è difficile ottenere una penetrazione

¹⁶Decisione di esecuzione UE 2017/302 del 15.02.2017

Allevamenti intensivi di suini:

- >2000 posti di suini da produzione
- > 750 scrofe

Allevamenti intensivi pollame:

- > 40000 posti pollame

uniforme, e che l'applicabilità può essere limitata dove le colture possono essere danneggiate dalle macchine; 80%: prati e seminativi, profondità di 5-10 cm, solco chiuso, 90%: prati e seminativi, profondità >15 cm e solco chiuso. La BAT 21 per la tecnica di iniezione profonda con conseguente chiusura del solco, afferma che non è applicabile su terreni sassosi, superficiali o compattati in cui è difficile ottenere una penetrazione uniforme e una chiusura efficace del solco, non è applicabile durante la fase di crescita vegetativa delle colture e che non è applicabile al pascolo, a meno che vengano trasformati in terreni coltivabili o quando vengono riseminati.)

A.2) In rapporto al letame

L'interramento del letame distribuito in superficie è utilizzabile per i seminativi, tranne che nelle condizioni gestionali di semina su sodo (no tillage). (la riduzione è stimata in ragione della tempistica di interramento e dal grado di interramento e dalle condizioni climatiche dal momento della distribuzione al momento dell'interramento: 90% immediato interramento con aratura; 70% immediato interramento senza rivoltamento della zolla; 45-65% incorporamento entro le quattro ore; 50% entro le 12 ore; 30% entro le 24 ore).

Ulteriori vantaggi apportati dall'adozione di tecniche di riduzione delle emissioni di ammoniaca riguardanti lo spandimento delle deiezioni zootecniche. L'ADG riporta che l'adozione delle tecniche di spandimento riferite in precedenza apportano ulteriori vantaggi di tipo ambientale:

- l'ammoniaca che non si disperde nell'aria può essere utilizzata dalle piante e andare a sostituire il fertilizzante azotato, con un rapporto di 1 a 1;
- la distribuzione a bande e il rapido interramento riducono le emissioni di odori;
- la distribuzione a bande e il rapido interramento è una tecnica più accurata di quella di riferimento (distribuzione sulla superficie del suolo senza interramento) e il liquame è distribuito in maniera uniforme sul campo. In questo modo aumenta l'efficienza del liquame come fonte di nutrienti. Inoltre con questa tecnica si riduce il rischio di contaminare con nitrati, fosforo o microrganismi patogeni le aree adiacenti, in particolare quelle prossime ai corsi d'acqua;
- si riducono i rischi di contaminazione delle colture, soprattutto con patogeni che potrebbero essere nocivi per gli animali; inoltre il liquame potrebbe essere distribuito anche con la coltura in atto.

Per gli allevamenti suinicoli e avicoli di grandi dimensioni si fa riferimento alla BAT 21 e alla BAT 22⁽¹⁷⁾.

Conformemente a quanto già stabilito da norme nazionali (in particolar modo dal DM n. 5046 del 25 febbraio 2016) o norme comunitarie, le tecniche precedentemente esposte dovranno essere utilizzate prevedendo, attraverso un bilancio di azoto aziendale, le quantità massime di effluenti da distribuire per rispettare quanto previsto dalla direttiva nitrati (nel caso sia richiesto il Piano di Utilizzazione Agronomica delle fertilizzazioni azotate (PUA), nel redigere il Piano, l'apporto ammissibile complessivo (organico + chimico) viene calcolato in funzione delle esigenze colturali).

¹⁷(Decisione di esecuzione (UE) 2017/302 della Commissione del 15 febbraio 2017)

Inoltre, devono essere rispettate le prescrizioni degli articoli 8 e 9 del decreto n.5046 del 25.02.2016 nei quali si pone il divieto di utilizzazione agronomica dei letami e dei liquami in particolari condizioni, per come previsto dalla direttiva (UE) 2016/2284 (Allegato III Parte 2 Lettera A. punto 4. a) i)).

Riguardo alle disposizioni applicative della disciplina che regola la distribuzione agronomica di effluenti di allevamento, digestati e fertilizzanti azotati è opportuno riferirsi a quanto approvato a livello regionale nei programmi di azione regionali che danno applicazione alla direttiva 91/676/CEE e alle disposizioni nazionali del DM 25 febbraio 2016.

B. Stoccaggio liquame

Nelle LG Mipaaf si fa riferimento alle suddette misure nel capitolo 2.3.2 “Impianti di stoccaggio e trattamento degli effluenti”:

- I. la diminuzione della superficie di aerazione tramite la copertura degli stoccaggi.

La copertura degli stoccaggi è una misura particolarmente interessante per ridurre le emissioni ammoniacali dei liquami ma anche per contenere le polveri, in riferimento alle deiezioni palabili e, in alcuni casi, anche per utilizzare il metano prodotto a fini energetici. In quest’ultimo caso però è necessario ricorrere a coperture a tenuta di gas e conformi alla normativa “atex”⁽¹⁸⁾ e provvedere all’installazione di un sistema per l’utilizzo del biogas recuperato, qualora non fosse già presente.

Nel caso in cui la scelta dell’agricoltore dovesse ricadere sulle coperture specifiche per il recupero del metano che, come accennato, “vanno oltre” il singolo scopo di riduzione delle emissioni di ammoniaca, si sarebbe in presenza di una misura cosiddetta “win-win” perché vantaggiosa sia dal punto di vista della riduzione di sostanze inquinanti, come l’ammoniaca, che climalteranti, come il metano, che verrebbe sottratto all’emissione in atmosfera non solo nelle fasi di stalla stabulazione e di eventuale trattamento, ma anche in quella di stoccaggio.

Per rimanere nell’ambito delle coperture per l’abbattimento delle emissioni di ammoniaca, queste possono essere classificate in due grandi categorie: fisse (ancorate ai bordi) e flottanti.

Le prime sono generalmente strutture di tipo rigido, ancorate ai bordi, che permettono di ridurre le emissioni di ammoniaca dell’80% (UNECE, 2014) ed evitano anche l’ingresso delle acque meteoriche, preservando la capacità di stoccaggio della struttura.

Le seconde svolgono principalmente un’azione schermante che riduce la superficie di scambio tra il liquame e l’atmosfera, e possono essere di materiale organico (paglia, stocchi, argilla espansa) oppure sintetico (teli o membrane galleggianti o altri elementi che creano una copertura omogenea della superficie). Oltre ad avere un minore effetto sulla riduzione delle

¹⁸ Direttiva 2014/34/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 concernente l’armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative agli apparecchi e sistemi di protezione destinati a essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva

emissioni ammoniacali (40-60% per l'ammoniaca secondo le stime UNECE, 2014), non evitano l'ingresso delle acque meteoriche.

Quelle in materiale organico hanno inoltre una durata limitata nel tempo e necessitano dunque di periodiche reintegrazioni; l'argilla espansa e la paglia tendono infatti ad assorbire i liquidi e a sprofondare.

Va sottolineato che la misura proposta presenta costi elevati per alcune soluzioni fisse (anche se il costo di realizzazione è ammortizzabile per la maggiore durata), sia galleggianti che non, e può presentare difficoltà o limitazioni di applicazione nei casi di stoccaggi scoperti preesistenti. Sono comunque presenti alcune soluzioni a basso costo, come ad esempio le palline di argilla espansa, ed interventi di media efficacia, a costo sostenibile e che permettono una riduzione media delle emissioni, come gli *hexa cover* o i teli di plastica. A proposito delle palline di argilla espansa, va detto che sono necessari degli accorgimenti gestionali per evitarne la perdita annuale di circa il 10%, che si verifica durante lo svuotamento dello stoccaggio, prima della fase di distribuzione. Oltre a ciò, come accade per le croste superficiali, le palline di argilla espansa non sono in grado di contenere le piogge, portando quindi ad un incremento del volume del liquame. Un ulteriore modo per ridurre la superficie di aerazione è quella di favorire la formazione delle croste, ma tale pratica è controproducente in quanto implica la non separazione solido-liquido con conseguenti problemi gestionali nella fase di prelievo e distribuzione dei reflui e, in caso di piogge, non è in grado di contenere le acque piovane in superficie con conseguente incremento del volume dei liquami. Negli allevamenti, il fondo strutturale FEASR (Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale) interviene per finanziare la costruzione di strutture/coperture di stoccaggio che consentono di aumentare il tempo di permanenza dei liquami in modo tale da superare quei periodi dell'anno in cui sia impossibile, per questioni meteorologiche, e ambientali entrare in campo per la distribuzione, nonostante la fase colturale e l'epoca stagionale lo consentano. In linea di massima, oltre a favorire le soluzioni di coperture più durature ed efficaci in termini di contenimento delle emissioni, a queste soluzioni si suggerisce di affiancare delle idonee pratiche di distribuzione degli effluenti, in funzione delle tipologie di suolo e di colture.

Con riferimento ai nuovi depositi di liquame che saranno costruiti dopo il 01.01.2022, secondo quanto riportato nell'AGD, per i liquami di suini e bovini le misure in grado di ridurre almeno del 60% le emissioni di ammoniaca stabiliscono il ricorso a coperture "flottanti" degli stoccaggi quali:

- 1) cisterne in cemento o acciaio;
- 2) teli di plastica galleggianti, tela o altro materiale idoneo;
- 3) palline di argilla espansa o piastrelle di materiale plastico tipo *hexa-covers*, non adeguati per i liquami che formano croste (v. LG Mipaaf, allegato: non ancora compiutamente sperimentate in Italia per i suini);
- 4) sostituzione delle lagune con vasche coperte o con vasche aperte ma con profondità maggiore di 3 m (efficacia variabile dal 30% al 60%). Per quest'ultima misura le LG Mipaaf, facendo riferimento alla BAT 16 (allevamento intensivo di suini), riportano che le vasche di liquame eccessivamente alte potrebbero non essere applicabili a causa

dell'aumento dei costi e dei rischi per la sicurezza. La BAT 17 è menzionata per le coperture specifiche per le lagune.

- II. riduzione della superficie emissiva tramite la realizzazione di bacini a ridotto rapporto superficie/volume, o l'uso di serbatoi flessibili in materiale elastometrico

Un metodo che presenta un'efficienza medio/alta nel ridurre le emissioni consiste nell'incrementare la profondità degli stoccaggi, favorendo l'adozione di vasche con un rapporto superficie/volume almeno pari a 0,2. Questo è il valore guida a cui stanno facendo riferimento le quattro regioni del Bacino del Po nella definizione degli interventi strutturali per i PSR 2014-2020, valore che deve essere applicato in conformità con le limitazioni imposte per le autorizzazioni edilizie e quanto stabilito dalla disciplina nazionale in materia di effluenti sull'altezza di cumulo per gli stoccaggi dei palabili.

Con riferimento ai depositi di liquami esistenti, nell'AGD si fa riferimento a:

- 1) la formazione di croste naturali riducendo l'apporto ed il mescolamento dell'effluente sotto la superficie. Le LG Mipaaf fanno riferimento alla BAT 16 (allevamento intensivo di suini) che, oltre a ribadire quanto già riportato nell'AGD, specifica anche che la formazione della crosta naturale può non essere applicabile nei climi o stagioni fredde e/o ai liquami con basso contenuto di sostanza secca. Per tale tecnica deve essere previsto il riempimento della vasca dal basso onde evitare la rottura del crostone.
- 2) le coperture flottanti a "bassa tecnologia", vale a dire coperture effettuate con paglia sminuzzata, torba, corteccia ecc.

Con riferimento ai depositi di letame già esistenti, nelle LG Mipaaf si menziona la copertura delle concimaie (Codice di Buona Pratica Agricola, 1999) con coperture di tipo rigido che, evitando l'ingresso delle acque meteoriche, garantiscono il corretto sviluppo delle fermentazioni aerobiche del materiale in stoccaggio, permettendo la maturazione e l'igienizzazione dello stesso. Bisogna infatti ricordare che lo stoccaggio ha come finalità quello di garantire la messa in sicurezza igienico-sanitaria e la corretta gestione agronomica degli effluenti, rendendoli disponibili all'utilizzo nei periodi più idonei sotto il profilo agronomico e nelle condizioni più adatte per l'utilizzazione.

Per assicurare che le aziende dispongano di una sufficiente capacità di stoccaggio del letame, in modo da spanderlo solo nei periodi adatti per la crescita delle colture (Direttiva NEC Allegato III parte 2 4. lettera a) punto iv), nelle LG Mipaaf (capitolo 2.4, I. *ottimizzazione dell'utilizzazione degli effluenti*) non si fa riferimento specifico al letame ma agli effluenti in generale. Nel testo si prende in considerazione non solo il volume degli stoccaggi, ma il volume stesso degli effluenti prodotti. Le LG Mipaaf, infatti, riportano che "l'incremento dell'autonomia degli stoccaggi rispetto al minimo previsto per legge, aumenterebbe la possibilità di distribuire gli effluenti nei periodi più idonei, svincolando così tale operazione dalla stringente necessità di svuotare lo stoccaggio. In alternativa, si potrebbe anche scegliere di intervenire sulla riduzione del volume degli effluenti. Inoltre, se l'effluente fosse più concentrato e fossero previsti più interventi nella stagione nelle diverse fasi colturali, si avrebbero costi concorrenziali con i concimi minerali e con maggior efficienza dell'N per il maggior assorbimento da parte delle piante".

Per effettuare gli spandimenti solo nei periodi adatti per la crescita delle colture, nelle LG Mipaaf si fa riferimento anche alla possibilità di aumentare il periodo di distribuzione delle

superfici trattabili (capitolo 2.4, V. aumento del periodo di distribuzione delle superfici trattabili. “Da un punto di vista agronomico le applicazioni prossime alla semina e in copertura, quando vi sia un’intensa attività vegetativa, forniscono i migliori risultati produttivi in quanto la coltura stessa sfrutta al meglio gli elementi che le vengono messi a disposizione. Bene allora le applicazioni con colture in atto, con dosi frequenti ma non eccessive, attuate con idonei carri botte o con sistemi di fertirrigazione più o meno localizzata; svantaggiose invece le applicazioni nel periodo invernale in quanto, oltre ad esserci uno scarso utilizzo da parte delle colture, si verificano grossi problemi di ruscellamento e di percolazione con un conseguente inquinamento delle acque superficiali e sotterranee.

L’aumento del periodo utile di distribuzione consente anche una maggior utilizzazione delle macchine e una riduzione dei costi.”).

Le LG Mipaaf fanno anche riferimento alla BAT 15 (allevamento intensivo di suini) che fa riferimento a un impianto di stoccaggio con una capacità sufficiente a contenere gli effluenti nei periodi durante i quali l'applicazione sul terreno non è possibile.

Tabella 12 - Misure di mitigazione per l’abbattimento dell’ammoniaca dagli stoccaggi (UNECE, 2014)		
Misura di abbattimento	Riduzione delle emissioni di NH ₃ (%)	Applicazione
Stoccaggio senza copertura o crosta (riferimento)	0	-
Struttura rigida, tettoia o tenda	80	Vasche in cemento o in acciaio
Coperture flottanti	60	Piccole lagune sopraelevate
Formazione di crosta naturale riducendo le miscele e il caricamento di nuovo liquame dall’alto (copertura flottante)	40	Solo per liquami con alto contenuto di materiale fibroso. Non applicabile per aziende laddove sono necessarie la miscelazione e la rottura della crosta naturale per lo spandimento frequente. La crosta potrebbe non formarsi sopra i liquami suini in climi/stagioni freddi.
Sostituzione delle lagune con strutture coperte o con strutture aperte con pareti alte (profondità > 3 m)	30-60	Solo per nuove strutture e soggette a verifica urbanistica per la costruzione di strutture alte
Saccone	100	Le dimensioni dei sacconi potrebbe limitarne l’uso per grosse aziende zootecniche. Adatti a materiali liquidi separati o comunque a basso tenore di s.s
Palline di LECA (coperture flottanti)	60	Non applicabile per i liquami che formano croste
Altre coperture flottanti (citsalP sheeting)	60	Per lagune grandi sopraelevate e vasche in cemento o in acciaio. Dipende dalla gestione dello stoccaggio che può limitare l’utilizzo di questa tecnica.
Altro materiale flottante di copertura (cippato di legno, paglia trinciata, ...)	40	Applicabile in vasca in cemento o acciaio. Potrebbe non essere applicabile nelle lagune grandi sopraelevate. Non applicabile se il materiale utilizzato in copertura limita la gestione del liquame (per lo spandimento).

C. Locali di stabulazione

Con riferimento ai locali di stabulazione le strategie per ridurre le emissioni seguono quindi tre principi:

1. La riduzione delle superfici interessate dalla deposizione delle deiezioni, compatibilmente con le esigenze di funzionalità e di benessere animale: questo è particolarmente importante per ridurre le emissioni di ammoniaca, in quanto maggiore è la superficie di scambio tra le deiezioni e l'aria, maggiore è la volatilizzazione del gas.
2. La riduzione del tempo di permanenza delle deiezioni all'interno del ricovero, con particolare attenzione all'allontanamento rapido delle urine dalle aree pavimentate (es. corsie di servizio e di alimentazione nelle stalle per bovine da latte) e al mantenimento delle lettiere asciutte.
3. La corretta climatizzazione del ricovero. Per ridurre le emissioni all'interno dei ricoveri è importante contenere la temperatura e la ventilazione sulla superficie interessata dalle deiezioni. Il tutto deve essere tuttavia compatibile con le esigenze (primarie) di garantire il benessere degli animali.

In generale le strategie di mitigazione che riguardano i ricoveri degli animali richiedono interventi strutturali piuttosto onerosi. A tale proposito, bisogna distinguere quegli interventi che possono essere realizzati in edifici già esistenti da quelli che possono essere adottati in edifici di nuova costruzione, ciò al fine di non aggravare in misura non sostenibile i costi delle aziende. La realizzazione di nuovi ricoveri costituisce in generale un'ottima occasione per introdurre tecnologie consolidate o innovative per la riduzione delle emissioni, evitando di dover poi adottare soluzioni di emergenza aggiuntive, solitamente più onerose.

Tabella 13 - Emissioni di ammoniaca e percentuali di riduzione dai diversi sistemi di stabulazione ed interventi nei ricoveri bovini (UNECE, 2014)

Tipologia di stabulazione	Riduzione (%)	Emissioni di NH ₃ (kg/posto stalla/anno)
Cuccette (sistema di riferimento)	n.a.	12
Stabulazione fissa (sistema tradizionale di riferimento)	n.a.	4,8
Pavimento scanalato	25-46	9
Climatizzazione delle stalle ed isolamento dei tetti ottimali	20	9,6
Depuratori dell'aria (chimici) – solo nei sistemi con ventilazione forzata	70-90	1,2
Pascolo 12h/24h	10	10,8
Pascolo 18h/24h	30	8,4
Pascolo 22h/24h	50	6,0

Tabella 14 - Emissioni di ammoniaca e percentuali di riduzione dai diversi sistemi di stabulazione ed interventi nei ricoveri suinicoli (UNECE, 2014)

Tipologia di stabulazione	Riduzione (%)	Emissioni di NH ₃ relative al sistema di riferimento (kg/posto stalla/anno)
Scrofe gestanti		
rimozione frequente del liquame con vacuum system	25	
Flushing	40	

raffreddamento della superficie del liquame	45	4,2
ricoveri con zone di alimentazione e vasche di raccolta con pareti inclinate	45	
palle flottanti sopra il liquame	25	
depuratori dell'aria	70-90	
Scrofe in allattamento		
canale acqua-liquame	50	8,3
vasca di raccolta sottostante	65	
raffreddamento della superficie del liquame	45	
palle flottanti sopra il liquame	25	
depuratori dell'aria	70-90	
Suinetti post svezzamento		
pavimento parzialmente grigliato con vasca di raccolta ridotta	25-35	0,65
rimozione frequente del liquame con vacuum system	25	
pavimento parz. grigliato e flushing	65	
pavimento parzialmente grigliato e raccolta in liquido acidificato	60	
pavimento parzialmente grigliato e raffreddamento della superficie del liquame	75	
pavimento parzialmente grigliato e canale liquame con pareti inclinate	65	
palle flottanti sopra il liquame	25	
depuratori dell'aria	70-90	
Suini all'ingrasso		
pavimento parzialmente grigliato con vasca di raccolta ridotta	15-20	3
rimozione frequente del liquame con vacuum system	25	
pavimento parzialmente grigliato con canale acqua-liquame	40	
pavimento parzialmente grigliato con canale acqua-liquame e pareti inclinate	60-65	
flushing	40	
pavimento parzialmente grigliato e raffreddamento della superficie del liquame	45	
palle flottanti sopra il liquame	25	
pavimento parzialmente grigliato e separazione frazione liquida/solida del liquame con canalette a V	70	
depuratori dell'aria	70-90	

Tabella 15 - Emissioni di ammoniaca e percentuali di riduzione dai diversi sistemi di stabulazione ed interventi nei ricoveri avicoli (UNECE, 2014)

Tipologia di stabulazione	Riduzione (%)	Emissioni di NH ₃ relative al sistema di riferimento (kg/posto stalla/anno)
Ovaiole		
Gabbie convenzionali, stoccaggi aperti sottostanti e non aerati (riferimento)	0	0,1-0,2
- Depurazione dell'aria esausta	70-90	

◆ Rimozione con tunnel, 2 volte la settimana (riferimento)	0	0,05-0,1
◆ tunnel ventilati, 2 volte la settimana	30-40	
◆ tunnel ventilati, rimozione più di 2 volte la settimana	35-45	
◆ Depurazione dell'aria esausta	70-90	
Δ lettiera o vasca profonda con lettiera parziale (riferimento)	0	0,3
Δ voliere, tunnel non ventilati	70-85	
Δ voliere, tunnel ventilati	80-95	
Δ depuratori dell'aria esausta	70-90	
Δ lettiera, parzialmente fessurata, tunnel	75	
Δ lettiera con ventilazione forzata	40-60	
Δ aggiuntaregolaredisolfatod'alluminioallalettiera	70	
Broilers		
° lettiera, ricovero con ventilazione (riferimento)	0	0,080
° ricovero naturalmente ventilato oppure isolato e ventilato con pavimento totalmente ricoperto di lettiera ed equipaggiato di un sistema di abbeveramento anti-spreco	20-30	
° Lettiera con ventilazione interna forzata	40-60	
° depuratori dell'aria esausta	70-90	
° pavimento pieno e ventilazione forzata	90	
° Pavimentazione rimovibile, ventilazione forzata	90	
° Sistema combideck	40	

4.6 Misure per la riduzione delle emissioni di ammoniaca riguardanti i ricoveri degli animali

A. Bovini

Il paddock è responsabile del 69-92% delle emissioni di ammoniaca dal ricovero (inteso come stalla più paddock) (Pereira et al., 2010). E' pertanto preferibile, ove possibile, realizzare stalle del tipo a corpi riuniti, che permettano di escludere l'uso del paddock nei periodi meno favorevoli (più piovosi) per limitare la produzione di acque reflue da stoccare insieme ai liquami, nonché provvedere alla rimozione delle deiezioni dalle aree esterne con regolarità e frequenza.

Il sistema di riferimento per le stalle di bovine da latte è il ricovero a cuccette mentre per i bovini da carne è il grigliato. L'individuazione e la messa in pratica delle strategie di riduzione delle emissioni di ammoniaca dagli allevamenti devono tener conto del benessere degli animali. Le misure per migliorare il benessere degli animali possono far aumentare le emissioni e, di conseguenza, devono essere adottati degli accorgimenti in grado di annullare eventuali effetti negativi sulla qualità dell'aria. Tuttavia, la realizzazione di nuove stalle rappresenta un'ottima occasione per migliorare sia la condizione di benessere degli animali, sia le prestazioni ambientali, senza dover poi ricorrere ad aggiustamenti.

Il pavimento scanalato (*grooved floor*) nasce come soluzione per le stalle di bovine da latte con lo scopo di assicurare il drenaggio rapido delle urine dalle corsie di movimentazione, garantendo al contempo una buona "presa" degli animali sulla superficie. Si tratta di una pavimentazione piena caratterizzata da scanalature con fori a distanza regolare sul fondo, per

lo sgrondo delle urine in un canale di raccolta sottostante. Per la rimozione delle deiezioni si impiega un particolare raschiatore meccanico dotato di appositi “denti” per la pulizia delle scanalature. Secondo l’AGD l’efficacia di abbattimento dell’ammoniaca varia dal 25% al 46% rispetto al sistema di riferimento.

La climatizzazione della stalla mediante la coibentazione e l’adozione di sistemi di ombreggiamento/ventilazione/raffrescamento, possibilmente collegati a sonde di temperatura e umidità in grado di regolarne in automatico il funzionamento, sono un valido sistema per contenere le temperature estive, con effetti positivi non solo sul benessere degli animali, ma anche sulla riduzione delle emissioni. La riduzione delle emissioni di ammoniaca è valutata attorno al 20%.

Sia l’AGD che le LG Mipaaf riportano la climatizzazione ottimale dei ricoveri che, per i bovini, prevedono la coibentazione del tetto e/o una ventilazione naturale controllata automaticamente in grado di ottenere una moderata riduzione delle emissioni (20% appunto) dovuta alla diminuzione della temperatura ed alla ridotta velocità dell’aria. Misura da valutare per i costi elevati e per i requisiti richiesti per il benessere animale e di controllo dei parametri ambientali (°T, umidità, gas nocivi). Nelle LG Mipaaf, infatti, si ricorda che la riduzione della velocità dell’aria risulta di difficile applicabilità in tutte le situazioni nelle quali la stessa aria serve per il ricambio per gli animali, esigenza imprescindibile. Nel contesto del controllo della ventilazione, inteso come controllo della temperatura e dell’umidità relativa, possono essere presi in considerazione eventuali aggiornamenti tecnologici degli impianti che, assicurando ottimi risultati in termini di produttività e benessere degli animali, vengono attuati con facilità dagli allevatori (NB: L’AGD fa riferimento ad una ventilazione naturale controllata automaticamente).

Ulteriori misure proposte sono:

- il pavimento fessurato (25-46%). Da considerare il costo di una eventuale sostituzione della pavimentazione. Le LG Mipaaf, per gli allevamenti suinicoli intensivi, fanno riferimento anche alla BAT 30 per gli allevamenti di suini intensivi;
- sistemi di ventilazione forzata per effettuare lo *scrubbing* dell’aria esausta (70-90%). Costi elevati e sostanze di difficile utilizzo. (Capitolo 2.3.1 delle LG Mipaaf);
- tempi diversi di pascolamento, che non sono stati presi in considerazione nelle LG Mipaaf perché elaborati nel contesto dell’ABP e, quindi, di allevamenti intensivi.

L’estensione del periodo di pascolamento è una misura che può concorrere alla riduzione delle emissioni di ammoniaca. L’efficacia di detta pratica sulla riduzione delle emissioni dai ricoveri varia in funzione del periodo di pascolamento: 10% con 12 ore sino a 50% con 22 ore al giorno. Andrà poi conteggiata separatamente la quota di NH₃ emessa dagli animali durante il pascolo.

B Suini

Il pavimento fessurato (*slatted floor*) con fossa sottostante di raccolta del liquame è il sistema di riferimento per le porcilaie, con varianti a seconda della fase del ciclo produttivo.

Le strategie di mitigazione si basano sui seguenti principi:

- ridurre la superficie interessata dalle deiezioni, come pavimenti pieni o fosse con pareti inclinate;

- asportare frequentemente le deiezioni, inviandole a fosse di raccolta esterne mediante sistemi pneumatici o mediante gravità oppure con getti d'acqua (*flushing*);
- trattamenti fisici quali la separazione delle frazioni liquida e solida;
- raffreddamento delle deiezioni;
- modifica delle caratteristiche chimico-fisiche delle deiezioni, riducendo ad esempio il pH;
- utilizzare pavimenti facili da pulire;
- trattare l'aria esausta con pulitori dell'aria (*acid scrubber* o *biotrikling filter*);
- ridurre la temperatura interna della porcaia e la velocità di ventilazione, tenendo in considerazione le esigenze fisiologiche degli animali.

Le strategie di riduzione delle emissioni variano con la fase del ciclo produttivo e sono riportate nella tabella seguente.

Tabella 16 - Strategie di riduzione delle emissioni per fase di ciclo produttivo				
Tecnica o strategia	NH₃ emessa (kg NH₃ /posto/anno)	Riduzione (%)	Extra costo (€/posto/anno)^a	Extra costo (€/kg NH₃-N ridotto)
Scrofe gestanti	4,20			
Rimozione frequente con sistema pneumatico		25	Zero costi se il sistema è già presente	Zero costi se il sistema è già presente
Flushing con doccette		40	33	23
Raffrescamento della superficie delle deiezioni		45	19	12
Allevamento in gruppo, con stalli di alimentazione e fossa di raccolta liquame con pareti inclinate		45	16	10
Pulitura dell'aria (scrubbing)		70-90	22-30	8-10
Scrofe allattanti	8,30			
Canalina per acqua e deiezioni		50	2	0,5
Padella sottostante		65	40-45	9
Raffrescamento della superficie delle deiezioni		45	45	15
Pulitura dell'aria (scrubbing)		70-90	35-50	7-10

Suinetti svezzati	0,65			
Pavimento parzialmente fessurato con fossa ridotta		25	0	0
Pavimento parzialmente fessurato e doccette per il flushing		65	5	14
Pavimento parzialmente fessurato e raccolta in liquido acidificato		60	5	15
Pavimento parzialmente fessurato e raffrescamento delle deiezioni		75	3-4	7-10
Pavimento parzialmente fessurato e canale per le deiezioni con pareti inclinate		65	2	5-6
Pulitura dell'aria (scrubbing)		70-90	4-5	8-12
Suini in accrescimento o all'ingrasso	3,0			
Pavimento parzialmente fessurato con fossa ridotta		15-20	0	0
Asportazione frequente con sistema pneumatico		25	0	0
Pavimento parzialmente fessurato con canalina per acqua e deiezioni		40	2	2
Pavimento parzialmente fessurato e canale per le deiezioni con pareti inclinate		60-65	3-5	2-3
Flushing		40	10-15	10-15
Pavimento parzialmente fessurato e raffrescamento delle deiezioni		45	5-7	4-6
Pulitura dell'aria (scrubbing)		70-90	10-15	5-9

^a I costi sono calcolati per nuove costruzioni; ^b il costo per sistema pneumatico è stimato solo se già presente

Gli allevamenti di suini che superano i 2000 posti nel caso di animali all'ingrasso o 750 posti nel caso delle scrofe, sono soggetti all'ottenimento della Autorizzazione Integrata Ambientale, per effetto della Direttiva 2010/75/UE relativa alle emissioni industriali e, a tal fine, devono adottare una combinazione di BAT riguardanti gli edifici che ospitano gli animali, tali da ridurre le emissioni di ammoniacca.

La BAT 30 prevede l'adozione di una o più tecniche riguardanti i criteri di stabulazione dei suini.

C. Avicoli

Le strategie di mitigazione delle emissioni di ammoniacca dai ricoveri per gli avicoli si basano sui seguenti principi:

- a. ridurre la superficie interessata dalle deiezioni;
- b. asportare frequentemente le deiezioni, inviandole a un deposito di raccolta esterno, utilizzando ad esempio dei nastri trasportatori;
- c. essiccazione rapida;
- d. raffreddamento delle deiezioni;
- e. utilizzare pavimenti facili da pulire;
- f. trattare l'aria esausta con sistemi di lavaggio dell'aria (*scrubber* acidi o *bioscrubber*);
- g. ridurre la temperatura interna della porcilaia del ricovero e ventilare, tenendo in considerazione le esigenze fisiologiche degli animali.

Galline ovaiole

Tre sono i sistemi di riferimento per i ricoveri delle galline ovaiole:

- gabbie convenzionali (ammesse solo per le pollastre), con un fattore di emissione di ammoniacca per posto animali pari a 0,1-0,2 kg NH₃ (non più ammesse);
- gabbie arricchite;
sistemi alternativi alle gabbie;
- sistema a voliera;
- free range.

Le strategie di mitigazione di categoria 1 per i sistemi a gabbie arricchite sono le seguenti:

- nastro di raccolta delle deiezioni ventilato con asportazione due volte alla settimana: la riduzione è stimata pari al 30-40% senza costi aggiuntivi;
- nastro di raccolta delle deiezioni ventilata con asportazione più di due volte la settimana; la riduzione è stimata pari al 35-45% e il costo stimato è di 0-3 € per kg di NH₃-N ridotto per anno;
- lavaggio dell'aria (*scrubbing*): la riduzione è stimata pari al 70-90% e il costo stimato è di 2-5 € per kg di NH₃-N ridotto per anno.

Per sistemi di allevamento delle ovaiole che utilizzano sistemi alternativi alle gabbie, le soluzioni che permettono di ridurre le emissioni di ammoniacca sono le seguenti:

- voliera, con posatoio, campana nastro di raccolta delle deiezioni non ventilata ventilato, riduzione stimata pari al 70-85% e costo di 1-5 € per kg di NH₃-N/anno;
- voliera, con campana nastro di raccolta ventilato, riduzione stimata pari all' 80-95% e costo di 1-7 € per kg di NH₃-N/anno;

- pulitura-lavaggio dell'aria (*scrubbing*): la riduzione è stimata pari al 70–90% e il costo stimato è di 6–9 € per kg di NH₃-N ridotto per anno.

Nella Decisione di esecuzione (UE) 2017/302 riguardante gli allevamenti con più di 40.000 posti pollame, la BAT consiste in una serie di tecniche riguardanti galline ovaiole, polli da carne riproduttori e pollastre. Queste tecniche riguardano la rimozione degli effluenti, la ventilazione e sistemi di trattamento dell'aria.

Broiler

Il sistema di riferimento è il pavimento pieno con lettiera.

Per ridurre le emissioni di ammoniaca dai ricoveri dei broiler è necessario mantenere la lettiera asciutta. L'umidità della lettiera è influenzata:

- dal posizionamento e dalla manutenzione degli abbeveratoi, al fine di evitare perdite d'acqua;
- dal peso, dalla densità e dalla durata del ciclo produttivo;
- dalla ventilazione, dalla presenza di purificazione dell'aria e dalle condizioni ambientali interne;
- dall'isolamento del pavimento;
- dall'alimentazione.

Per ridurre lo spreco d'acqua sono preferibili gli abbeveratoi a tettarella piuttosto che a campana.

Un ricovero, che preveda la ventilazione naturale o l'isolamento con ventilatori assieme all'adozione di un pavimento pieno e con abbeveratoi ben posizionati e ben mantenuti, può consentire una riduzione del 20-30% delle emissioni di ammoniaca.

Sistemi che prevedano l'essiccazione forzata della lettiera consentono una riduzione delle emissioni dell'ordine del 40-60%, ad un costo stimato di 2–4 €/kg di NH₃.

La pulizia dell'aria è una misura efficace (riduzione del 70–90% dell'ammoniaca), ma costosa (10–15 €/kg di NH₃).

La Decisione di esecuzione (UE) 2017/302 per gli allevamenti con oltre 40.000 posti pollame, individua la BAT 32, per la riduzione delle emissioni dai ricoveri per i polli da carne. Tale BAT riguarda la ventilazione, l'essiccazione della lettiera, gli abbeveratoi, il trasporto degli effluenti, il riscaldamento e il raffrescamento del pavimento e il trattamento dell'aria.

Tacchini e anatre

Le strategie di riduzione delle emissioni di ammoniaca dai ricoveri per tacchini e anatre sono le stesse adottabili per i broiler.

La Decisione di esecuzione (UE) 2017/302 individua la BAT 33 come insieme di tecniche per la riduzione delle emissioni da ricoveri per anatre. Le tecniche riguardano l'aggiunta di lettiera, la rimozione degli effluenti e i sistemi di trattamento dell'aria.

La BAT 34 riguarda gli allevamenti di tacchini, individuando tecniche per la ventilazione e il trattamento dell'aria.

D. Strategie di alimentazione

Nel comparto zootecnico, le strategie di alimentazione principalmente adottate al fine di ridurre l'escrezione di azoto, con conseguente riduzione dell'emissione di ammoniaca, si attuano attraverso l'impiego di razioni a ridotto contenuto proteico, adeguatamente bilanciate dal punto di vista amminoacidico (principalmente EAA) in grado di coprire i fabbisogni dell'animale (che variano per specie, età, sesso, stato fisiologico, produttivo, etc.).

Le LG Mipaaf riportano le seguenti raccomandazioni e misure, applicabili alle principali specie di interesse zootecnico allevate (bovini, suini e avicoli):

I. ottimizzazione dell'impiego delle risorse alimentari aziendali, in particolare per gli allevamenti bovini;

II. alimentazione calibrata in funzione dell'età e delle fasi fisiologiche e/o produttive dei capi (bovini e suini);

III. alimentazione a basso contenuto proteico con o senza l'aggiunta di amminoacidi di sintesi e proteine o amminoacidi bypass ruminale (applicabile per suini ed avicoli e bovini (AA bypass ruminale));

IV. incremento dei polisaccaridi non amidacei degli alimenti;

V. impiego di acidi organici e sali minerali. (Per l'acido benzoico, in grado di ridurre anche del 50% le emissioni di ammoniaca, bisogna valutare la fattibilità economica e l'applicabilità negli allevamenti, soprattutto in quelli suinicoli).

Nel rispetto del benessere degli animali e del loro stato di salute e nell'ottica di non penalizzare, ma anzi di migliorare la produttività degli animali, per bovini e suini è possibile ottenere una riduzione dell' NH_3 del 10%, riducendo dell'1% il contenuto proteico della razione alimentare. Si stima, infatti, che la riduzione dell'1% del contenuto proteico della razione porti una riduzione delle emissioni derivanti dai ricoveri, dagli stoccaggi e dagli spandimenti che, in totale, può variare dal 5% al 15% in funzione anche del pH delle urine e del letame.

Per quanto concerne gli allevamenti di suini, è stato stimato (CRPA) che la riduzione della proteina grezza del 10% e l'integrazione con lisina e/o con altri amminoacidi genera un contenimento dell'azoto escreto dall'animale che, in base al tipo di razione e al tipo di amminoacidi somministrati, può variare dal -8% al -22%.

La formulazione per fasi di accrescimento negli allevamenti di bovini o suini all'ingrasso è una tecnica molto efficace, che presenta però delle limitazioni negli allevamenti di piccole dimensioni. Negli allevamenti di bovine da latte questa strategia può essere adottata suddividendo gli animali per fase produttiva oppure somministrando dosi calibrate di mangime in sala di mungitura, nel robot di mungitura o in autoalimentatori posti in zona di riposo o alimentazione. Le innovazioni derivanti dalla zootecnia di precisione possono

contribuire a calibrare in modo ulteriormente più preciso la somministrazione dell'integratore proteico.

Poiché i costi di attuazione della misura dipendono dai prezzi delle materie prime proteiche e dagli amminoacidi di sintesi, l'implementazione di questa strategia alimentare va effettuata coinvolgendo le aziende mangimistiche. Nel caso delle vacche da latte, invece, è stata stimata una riduzione dell'N al campo del 7% operando una riduzione del 5% del contenuto proteico della razione alimentare grazie all'aumento di farina di mais e orzo, mentre si è stimata una riduzione dell'N al campo del 6% diminuendo del 4% il contenuto proteico della razione alimentare, sostituendo il fieno di medica con fieno di prato. La riduzione del titolo proteico della dieta e il bilanciamento complessivo dei componenti della razione possono essere considerati a costo nullo ma, qualora si dovessero utilizzare amminoacidi di sintesi bypass ruminale, si consiglia di proporre la misura solo per gli allevamenti più efficienti e di dimensione economica maggiore.

Di bassa efficacia e alti costi, invece, è la tecnica di aumentare l'ingestione di sostanza secca con sistemi automatici di avvicinamento dell'alimento alla mangiatoia (0,04 kg NH₃/capo/anno) che, per tale motivo, non è consigliata.

Per quanto riguarda gli avicoli, è consigliata una riduzione di non oltre l'1-2% del contenuto proteico nella razione; questo perché gli avicoli hanno già un'efficienza di conversione alimentare elevata e le razioni sono già standardizzate e ben bilanciate.

In riferimento all'attuazione ed alla diffusione delle strategie alimentari, si fa presente che gli allevamenti soggetti ad AIA (BAT 1.3) potranno attuare strategie di controllo dell'alimentazione. Tali strategie sono, peraltro, menzionate anche nell'articolo 7 del D.M. del 25 febbraio 2016 inerente i criteri generali per l'utilizzazione agronomica degli effluenti, che mira a contenere le escrezioni di azoto già nella fase di produzione. Si potrebbe, dunque, operare per una maggiore diffusione dell'ottimizzazione dell'impiego delle risorse alimentari aziendali, in particolare per gli allevamenti bovini, e dell'alimentazione calibrata in funzione dell'età e delle fasi fisiologiche e/o produttive dei capi, che risulta applicabile per bovini, suini ed avicoli mentre si sconsiglia il ricorso all'impiego di sali minerali e di acidi organici, come ad esempio l'acido benzoico, in quanto bisogna valutare la fattibilità economica e l'applicabilità negli allevamenti, soprattutto in quelli suinicoli. Per questa ultima tipologia di allevamento alcuni ritengono che sia addirittura impossibile il ricorso all'acido benzoico, soprattutto se i suini sono alimentati utilizzando nella razione anche il siero di latte.

4.7 Misure di riduzione delle emissioni per il controllo delle emissioni di particolato carbonioso

Il D.lgs. 152/06, all' articolo 182 bis già limita a 3 metri steri per ettaro il quantitativo di residui vegetali che è possibile incenerire in un giorno, e dà facoltà ai comuni e alle altre amministrazioni competenti di differire o vietare la combustione, in particolari condizioni ambientali sfavorevoli o nei casi in cui da tale attività possono derivare rischi per la incolumità pubblica e privata o per la salute umana. Inoltre, per il rispetto dei criteri della condizionalità è già vietata la bruciatura delle paglie e delle stoppie, per tutti i beneficiari di

pagamenti a superficie (tranne che per la coltura del riso e nel caso di deroghe concesse alle Regioni e PP.AA. che hanno una legge che regola la bruciatura).

4.8 Esenzione dalle misure di riduzione delle emissioni

In ottemperanza a quanto previsto dalla direttiva (UE) 2016/2284 e dal D.lgs. 81/2018, stante gli obblighi già definiti in materia di effluenti dalle disposizioni nazionali vigenti si impone il limite di 3.000 kg di azoto zootecnico e/o di sintesi, prodotto e/o utilizzato nell'azienda agricola per il rispetto delle misure obbligatorie previste dal richiamato provvedimento legislativo.

5. Il ruolo della consulenza aziendale e dell'agricoltura di precisione

La consulenza aziendale deve rivestire un ruolo sempre più importante, anche alla luce delle nuove proposte della Commissione Europea per la nuova programmazione della PAC. I temi che riguardano la tutela ambientale e quindi anche l'oggetto di questo codice, devono necessariamente intrecciarsi con il miglioramento dell'efficienza aziendale, il contenimento dei costi e l'aumento del rendimento globale delle attività, per cui la consulenza aziendale deve avere un ruolo centrale nel supporto all'imprenditore agricolo.

I consulenti, attraverso la formazione e sensibilizzazione degli agricoltori, dovranno essere in grado di garantire, anche con l'ausilio di verifiche intermedie, il rispetto degli obiettivi aziendali riguardanti i temi ambientali. Si tratta di una consulenza aziendale "avanzata" che deve includere quella di "base" ma deve fornire informazioni specifiche sugli aspetti legati all'ambiente e nello specifico sulle tecniche che possono mitigare le emissioni di ammoniaca. La consulenza aziendale, inoltre, dovrà sempre più incentivare le pratiche relative all'agricoltura di precisione.

Nell'erogare un servizio di consulenza aziendale quindi, si dovrebbe dare particolare rilievo a quei parametri che hanno una "valenza molteplice", ossia parametri che forniscono informazioni sia nell'ambito di applicazione del benessere animale che della riduzione dell'impatto ambientale

La nuova sfida dell'agricoltura sarà di conseguenza quella di produrre di più in maniera più sostenibile nel rispetto dell'ambiente e della salute umana.

L'agricoltura di precisione è una strategia di gestione aziendale che usa le tecnologie dell'informazione per acquisire dati che portino a decisioni finalizzate alla produzione agricola. Lo scopo è quello di mettere in sintonia la gestione del terreno e delle colture con le specifiche esigenze di un campo eterogeneo al fine di migliorare la produzione, minimizzare i danni ambientali ed elevare gli standard qualitativi dei prodotti agricoli.

L'impiego delle nuove tecnologie contribuisce ad ottenere una serie di benefici economici risultanti dall'ottimizzazione degli input, nonché dalla riduzione della pressione esercitata dai sistemi agricoli sull'ambiente. La precisione introdotta dalle tecnologie, difatti consente di effettuare una distribuzione mirata dei principali fattori della produzione solo dove serve e nella quantità corrispondente al reale fabbisogno della coltivazione in atto.

Al fine di apportare i maggiori benefici alle aziende agricole ma soprattutto di avere una sempre maggiore sostenibilità ambientale è auspicabile che nelle misure adottate per la mitigazione delle emissioni di ammoniaca le aziende possano distribuire i fattori produttivi in maniera precisa attraverso la guida semi-automatica e il dosaggio variabile.

La prima prevede l'installazione di sistemi di guida semi-automatica (tramite GPS) sui trattori in modo che in campo essi possano muoversi con precisione superiore a quella garantita da un operatore. In questo modo si eliminano le sovrapposizioni e si ha dunque un risparmio di fertilizzanti e una migliore efficienza di distribuzione degli effluenti. Si stima che nel migliore dei casi il grado di sovrapposizione sia intorno al 10%, nei casi peggiori del 25%. Il dosaggio a rateo variabile, che viene considerato lo *step* successivo al primo, permette di fornire alle piante gli input di cui necessitano con precisione: non in maniera uniforme in tutto il campo, quindi, ma tenendo conto delle reali necessità, differenti all'interno dello stesso appezzamento. A questo scopo si utilizzano mappe create ad hoc con l'ausilio di strumenti come satelliti, droni, sensori di prossimità, eccetera.

Sul tema dei finanziamenti, quindi, dovranno essere soprattutto i PSR a raccogliere le richieste che perverranno dal territorio per supportare gli investimenti delle aziende agricole nel settore delle nuove tecnologie.

6. Impatto ambientale atteso dall'applicazione delle misure sul territorio nazionale

L'impatto ambientale atteso dall'attuazione delle misure relative alla riduzione delle emissioni di ammoniaca ottenibile grazie alla presenza e/o alla ulteriore diffusione delle misure di riduzione richieste dalla Direttiva NEC sarà valutato con la collaborazione degli enti di ricerca del Mipaaf e del MATTM.

7. Monitoraggio e controllo

Le Amministrazioni interessate valuteranno l'attivazione di un sistema di monitoraggio e controllo al fine di verificare l'attuazione delle misure e la loro efficacia.

Al riguardo potranno essere previste una serie di azioni di monitoraggio, di sperimentazione e di modellizzazione per arrivare a fattori di emissione TIER 3 per le fonti principali, che abbiano sufficiente sensibilità per mettere in luce le modifiche intervenute a seguito dell'introduzione delle strategie di mitigazione e che siano coerenti con i sistemi di coltivazione e allevamento diffusi in Italia. I modelli di calcolo dovranno essere sufficientemente economici e facilmente utilizzabili anche dallo stesso allevatore o quantomeno dal tecnico che si occupa dell'assistenza tecnica.

8. Conclusioni e tabelle di riferimento delle misure di mitigazione facoltative/obbligatorie e relativa efficacia.

In Italia, l'agricoltura è considerata la fonte principale di produzione di ammoniaca. Negli ultimi anni, però, è il settore che ha fatto registrare le maggiori riduzioni delle emissioni (dal 1990 al 2016: -98 kt).

Le emissioni di ammoniaca sono generalmente associate alle attività zootecniche e all'uso di fertilizzanti azotati. Di questi sotto settori, la gestione degli effluenti zootecnici (di bovini, suini e avicoli) e l'utilizzo dei fertilizzanti (organici ed inorganici) sono le categorie chiave sulle quali concentrarsi per ridurre in modo significativo le emissioni di ammoniaca attraverso interventi mirati.

Il presente codice, conformemente a quanto riportato nella Direttiva NEC (2016/2284) e nel Decreto legislativo di recepimento (n. 81 del 30 maggio 2018), riporta le principali misure per la riduzione delle emissioni di ammoniaca tenendo conto dei documenti di orientamento e delle disposizioni comunitarie e nazionali.

Nelle seguenti tabelle vengono riportate in sintesi le misure di mitigazione per la riduzione delle emissioni di ammoniaca, distinguendo quelle obbligatorie (che saranno inserite nel Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico per quanto previsto dal D.lgs. 81/2018) da quelle facoltative che, tenendo in debita considerazione i relativi costi, possono portare i maggiori benefici ambientali ed economici all'intero sistema e sono altresì finanziabili tramite il dispositivo politico dello Sviluppo Rurale, previa verifica della congruità con la pertinente analisi dei fabbisogni regionale.

Le aziende, in alternativa alle misure obbligatorie indicate, possono realizzare una o più misure facoltative, tra quelle presenti nel presente Codice o nelle BAT, qualora le misure obbligatorie non siano realizzabili o risultino di difficile realizzazione dal punto di vista tecnico ed economico, purché gli interventi facoltativi garantiscano, complessivamente, una riduzione delle emissioni equivalente o superiore. Qualora le misure facoltative utilizzate appartengano ad una fase produttiva aziendale diversa da quella individuata per la misura obbligatoria, l'equivalenza della riduzione delle emissioni dovrà risultare dal bilancio dell'azoto aziendale.

Nell'allegato 1 è riportata una breve sintesi di alcune tipologie di operazioni già finanziate nei PSR Regionali e finalizzati alla riduzione dell'ammoniaca.

Tabella 17 - Misure di mitigazione per l'abbattimento dell'ammoniaca tramite diverso uso dei fertilizzanti		
Misura di abbattimento	Tipo di fertilizzante	Riduzione delle emissioni di NH ₃ (%)
MISURA OBBLIGATORIA		
Incorporazione	Base di urea	50-80
MISURE FACOLTATIVE		
Inibitori di ureasi	Base di urea	70 (urea solida) 40 (urea liquida; nitrato d'ammonio)
Fertilizzanti a lento rilascio (rivestimento polimerico)	Base di urea	30

Iniezione a solchi chiusi	Base di uree e ammoniaca anidra	80-90
Irrigazione	Tutti	40-70
Sostituzione con nitrato d'ammonio	Base di uree e ammoniaca anidra	Fino a 90

Tabella 18 - Misure di mitigazione per l'abbattimento dell'ammoniaca tramite tecniche di spandimento delle deiezioni		
Misura di abbattimento	Applicazione	Riduzione delle emissioni di NH ₃ (%)
Spandimento dei materiali non palabili		
MISURE OBBLIGATORIE		
Su terreni con una pendenza media minore del 15%: divieto di distribuzione della frazione liquida con attrezzature in pressione	Si evita la formazione di aerosol che aumenta l'emissione di ammoniaca	30-90
Incorporazione del liquame applicato in superficie (almeno entro 24 ore)	Se immediata (con aratura): 90% Se immediata con dischi: 70% Se dopo 4h: da 45% a 65% Se dopo 24h: 30%	30-90
MISURE FACOLTATIVE		
Spandimento in bande rasoterra (con il trailing hose)	L'effetto della riduzione di NH ₃ aumenta con l'aumento della copertura vegetativa.	30-35
Spandimento in bande con scarificazione (con il trailing shoe)	L'effetto della riduzione di NH ₃ aumenta con l'aumento della copertura vegetativa.	30-60
Iniezione del liquame (solchi aperti)	Profondità dell'iniezione ≤ 5cm	70
Iniezione del liquame (solchi chiusi)	80% (solchi superficiali 5-10 cm) a 90% (iniezione profonda >15cm)	80-90
Diluizione del liquame da >4% SS a <2% SS ed utilizzo in fertirrigazione	La riduzione delle emissioni di NH ₃ sono proporzionate alla variazione della diluizione. 50% di riduzione della SS del liquame permette una riduzione di 30% di NH ₃	30
Spandimento dei materiali palabili (superfici a seminativi*)		
MISURA OBBLIGATORIA		
Incorporazione del solido distribuito in superficie (almeno entro 24 ore)	Se immediata (con aratura): 90% Se immediata con dischi: 60% Se dopo 4h: da 45% a 65% Se dopo 12h: 50% Se dopo 24h: 30%	30-90

*Sono esclusi dall'obbligo: terreni coltivati a *no tillage*; colture permanenti; prati, prati pascoli e pascoli.

Tabella 19 - Misure di mitigazione per l'abbattimento dell'ammoniaca dagli stoccaggi	
Misura di abbattimento	Riduzione delle emissioni di NH ₃ (%)
MISURE OBBLIGATORIE	
Divieto costruzione nuove lagune	Almeno 30-60
Formazione di crosta naturale riducendo le miscele e il caricamento di nuovo liquame dall'alto (copertura flottante)	40
MISURE FACOLTATIVE	
Struttura rigida, tettoia o tenda	80
Coperture flottanti	60
Saccone	100
Palline di LECA (coperture flottanti)	60
Altre coperture flottanti (citsalP sheeting)	60
Altro materiale flottante di copertura (cippato di legno, paglia trinciata, ...)	40
Sostituzione delle lagune con strutture coperte o con strutture aperte con pareti alte (profondità > 3 m) Vincolante dal 2025	30-60

Tabella 20 - Misure di mitigazione per l'abbattimento dell'ammoniaca con diversi sistemi di stabulazione ed interventi nei ricoveri bovini	
Tipologia di stabulazione	Riduzione (%)
MISURE FACOLTATIVE	
Stabulazione fissa (sistema tradizionale di riferimento)	n.a.
Pavimento scanalato	25-46
Climatizzazione delle stalle ed isolamento dei tetti ottimali	20
Depuratori dell'aria (chimici) – solo nei sistemi con ventilazione forzata	70-90
Pascolo 12h/24h	10
Pascolo 18h/24h	30
Pascolo 22h/24h	50

Tabella 21 - Misure di mitigazione per l'abbattimento dell'ammoniaca con diversi sistemi di stabulazione ed interventi nei ricoveri suinicoli	
Tipologia di stabulazione	Riduzione (%)
MISURE FACOLTATIVE	
Scrofe gestanti	
rimozione frequente del liquame con vacuum system	25
Flushing	40
raffreddamento della superficie del liquame	45

ricoveri con zone di alimentazione e vasche di raccolta con pareti inclinate	45
palle flottanti sopra il liquame	25
depuratori dell'aria	70-90
Scrofe in allattamento	
canale acqua-liquame	50
vasca di raccolta sottostante	65
raffreddamento della superficie del liquame	45
palle flottanti sopra il liquame	25
depuratori dell'aria	70-90
Suinetti post svezzamento	
pavimento parzialmente grigliato con vasca di raccolta ridotta	25-35
rimozione frequente del liquame con vacuum system	25
pavimento parz. grigliato e flushing	65
pavimento parzialmente grigliato e raccolta in liquido acidificato	60
pavimento parzialmente grigliato e raffreddamento della superficie del liquame	75
pavimento parzialmente grigliato e canale liquame con pareti inclinate	65
palle flottanti sopra il liquame	25
depuratori dell'aria	70-90
Suini all'ingrasso	
pavimento parzialmente grigliato con vasca di raccolta ridotta	15-20
rimozione frequente del liquame con vacuum system	25
pavimento parzialmente grigliato con canale acqua-liquame	40
pavimento parzialmente grigliato con canale acqua-liquame e pareti inclinate	60-65
flushing	40
pavimento parzialmente grigliato e raffreddamento della superficie del liquame	45
palle flottanti sopra il liquame	25
pavimento parzialmente grigliato separazione frazione liquida/solida del liquame con canalette a V	70
depuratori dell'aria	70-90

Tabella 22 - Misure di mitigazione per l'abbattimento dell'ammoniaca con diversi sistemi di stabulazione ed interventi nei ricoveri avicoli

Tipologia di stabulazione	Riduzione (%)
MISURE FACOLTATIVE	
Depurazione dell'aria esausta	70-90
tunnel ventilati, 2 volte la settimana	30-40
tunnel ventilati, rimozione più di 2 volte la settimana	35-45

Depurazione dell'ariaesausta	70-90
lettiera o vasca profonda con lettiera parziale (riferimento)	0
voliere, tunnel non ventilati	70-85
voliere, tunnel ventilati	80-95
depuratori dell'aria esausta	70-90
lettiera, parzialmente fessurata, tunnel	75
lettiera con ventilazione forzata	40-60
aggiuntaregolaredisolfatod'alluminioallalettiera	70
ricovero naturalmente ventilato oppure isolato e ventilato con pavimento totalmente ricoperto di lettiera ed equipaggiato di un sistema di abbeveramento anti-spreco	20-30
Lettieria con ventilazione interna forzata	40-60
depuratori dell'aria esausta	70-90
pavimento pieno e ventilazione forzata	90
Pavimentazione rimovibile, ventilazione forzata	90
Sistema combideck	40

Tabella 23 - Misure di mitigazione per l'abbattimento dell'ammoniaca con diverse strategie di alimentazione

Strategia di alimentazione

MISURE FACOLTATIVE

Ottimizzazione dell'impiego delle risorse alimentari aziendali, in particolare per gli allevamenti bovini

Alimentazione calibrata in funzione dell'età e delle fasi fisiologiche e/o produttive dei capi (bovini e suini)

Alimentazione a basso contenuto proteico con o senza l'aggiunta di amminoacidi di sintesi e proteine o aminoacidi bypass ruminale (applicabile per, suini ed avicoli e bovini (AA bypass ruminale))

Incremento dei polisaccaridi non amidacei degli alimenti

Impiego di acidi organici e sali minerali

9. Bibliografia

AA.VV., 2016. *Linee guida per la riduzione delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività agricole e zootecniche, secondo quanto previsto dall'Art.5, comma 1, lettera b dell'Accordo di programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano del 19 dicembre 2013*. Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali. Roma

AA.VV., 2016. *Prime valutazioni dei costi delle misure per la riduzione delle emissioni in atmosfera di ammoniaca delle attività zootecniche – CRPA Reggio Emilia*

AA.VV., 2016. *Misure di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. Opportunità di finanziamento dello Sviluppo Rurale per le aziende zootecniche*. Ismea Roma

AA.VV., 2017. *Linee guida per lo sviluppo dell'agricoltura di precisione in Italia*. Mipaaf Roma

AA.VV., 2018. *Italian Emission Inventory 1990 – 2016. Informative Inventory Report 2018*. ISPRA. Roma

Commissione Europea, 2017. *DECISIONE DI ESECUZIONE (UE) 2017/302 DELLA COMMISSIONE del 15 febbraio 2017 che stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) concernenti l'allevamento intensivo di pollame o di suini, ai sensi della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio*. Bruxelles

Falzarano Pasquale, 2018. *Agricoltura di Precisione, pubblicate le Linee guida nazionali. Il Ministero delle politiche agricole si candida a guidare il processo innovativo che caratterizzerà l'attività agricola del futuro*. Agriregionieuropa anno 14 n°53

Parlamento e Consiglio europeo, 2016. *Direttiva (UE) 2016/2284 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2016 concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE*. Bruxelles

UNECE/EB.AIR/120, 2014. *Guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources*. Economic Commission for Europe – Executive Body for the Convention on Long – range Transboundary Air Pollution. Ginevra

UNECE/EB.AIR/129, 2015. *Framework Code for Good Agricultural Practice for Reducing Ammonia Emissions*. Economic Commission for Europe – Executive Body for the Convention on Long – range Transboundary Air Pollution. Ginevra

Allegato – PSR Regionali

Breve sintesi di Azioni e interventi finalizzati alla riduzione dell'ammoniaca nei PSR Regionali.

BOX1 - PSR Emilia Romagna

Operazione 4.1.03 - Riduzione delle emissioni di gas serra e ammoniaca in atmosfera

copertura di platee di stoccaggio esistenti, realizzazione di stoccaggi coperti aggiuntivi rispetto al minimo normativo

Operazione 4.1.04 - Investimenti per la riduzione di gas serra e ammoniaca basato sul bilancio azoto dell'UNECE

Il bilancio condotto a livello aziendale è il punto di partenza (azione di base, prerequisito) per delineare ogni strategia integrata che miri a diminuire il surplus di azoto e ad abbattere le conseguenti emissioni di ammoniaca(NH₃), incrementando l'efficienza d'uso. Poiché il surplus di azoto è un indicatore della pressione esercitata sull'ambiente, una corretta stima degli input e degli output è alla base di una gestione sostenibile dell'azoto.

Operazione 4.1.04 - Investimenti per la riduzione di gas serra e ammoniaca vasche non coperte, ma con rapporto area superficie emittente e volume del deposito < 0,2 coperture flessibili galleggianti (include teli, pellicole, sacche gonfiabili, piastrelle, vedi 4,6,1 delle BATc) coperture rigide e flessibili ermetiche alla pioggia, coperture a tenda, serbatoi flessibili di materiale elastomerico o plastomerico.

Operazione 4.1.04 Capannoni o copertura stabile della platea (cfr. BAT 14 della Decisione di esecuzione UE 2017/302)

Operazione 4.1.04 Tecniche di stabulazione con un'efficienza stimata da bassa ad alta (da -25% a +82% di riduzione delle emissioni)

Operazione 4.1.04 – Investimenti per la riduzione di gas serra e ammoniaca

- Impianto irrigazione con liquame diluito in superficie
- impianto irrigazione con liquame diluito con subirrigazione,
- spandimento rasoterra a strisce.

(Sono previste anche tecniche per il trattamento degli effluenti)

- dispositivi iniettori a solchi aperti e a solchi chiusi

Operazione 10.1.02 – Gestione effluenti

- Prati permanenti e arativi con colture alte meno di 30 cm – spargimento a raso in strisce;
- Prati permanenti – spargimento con scarificazione; .
- Arativi – spargimento a raso in strisce con incorporazione immediata

BOX 2 - PSR Piemonte

Operazione 10.1.3 azione 3 – Apporto di matrici organiche palabili in sostituzione della fertilizzazione minerale.

L'intervento mira a concorrere alla conservazione della s.o. del suolo, a diffondere pratiche agricole idonee ad incrementare il sequestro di C e a favorire il riequilibrio territoriale di matrici organiche, prodotte dalle filiere agro-zootecniche, già disponibili sul territorio, limitando il ricorso a concimi di sintesi, per i quali c'è un impatto emissivo sia nella fase di produzione che in quella di trasporto e distribuzione in campo.

Operazione 4.1.3 - Riduzione delle emissioni di gas serra e ammoniaca in atmosfera

- copertura di vasche di stoccaggio esistenti con sistemi fissi o flottanti, realizzazione di stoccaggi coperti aggiuntivi rispetto al minimo normativo, acquisto di stoccaggi mobili (sacconi), ecc
- interventi per il risparmio idrico in zootecnia, interventi per la riduzione dell'imbrattamento con i reflui delle strutture di stabulazione, realizzazione di vacuum systems sottogrigliati per suini, copertura dei paddock, raccolta e allontanamento delle acque piovane dei tetti, ecc

Operazione 4.1.3 - Riduzione delle emissioni di gas serra e ammoniaca in atmosfera

acquisto di macchine e attrezzature per la gestione aziendale dei reflui zootecnici e dei digestati a ridotta emissione

ammoniacale: attrezzature interratrici, distributori rasoterra in bande, sistemi ombelicali, sistemi per la fertirrigazione, impianti per la separazione solido/liquido, interventi per il risparmio idrico in zootecnia, sistemi di localizzazione GPS, ecc

Operazione 10.1.5 - Tecniche per la riduzione delle emissioni di ammoniaca in atmosfera

- Interramento immediato a solco chiuso di liquami e digestati di origine aziendale su seminativi e colture arboree da frutto
- distribuzione rasoterra in bande di liquami e digestati di origine aziendale su prati e terreni gestiti con semina su sodo.

BOX 3 - PSR PUGLIA

Operazione 10.1.1 - Produzione Integrata

Tipo di colture	Regole di fertilizzazione
Arboree	<p>Obbligo di frazionamento della quota azotata per dosi totali superiori a 60 kg/ha/anno</p> <p>Effettuare l'analisi fisico chimica del terreno secondo le indicazioni specifiche dei DPI. Esecuzione di un'analisi per ciascuna area omogenea dal punto di vista agronomico e pedologico. Le analisi hanno validità di 5 anni per le colture annuali. Per le arboree bisogna disporre di almeno una analisi valida, entro 5 anni, all'impianto o alla adesione (DdS). In ogni caso per i beneficiari che aderiscono alla misura, tali analisi devono essere effettuate nel corso del primo anno di adesione (DdS). Obbligo di adottare un piano di fertilizzazione annuale per coltura redatto sulla base dell'analisi del terreno e dei criteri riportati nei DPI. Il piano di fertilizzazione deve essere redatto da un tecnico abilitato in campo agronomico.</p> <p>Nei DPI ,le concimazioni azotate sono consentite solo in presenza della coltura o al momento della semina in quantità contenute. In particolare sono ammissibili distribuzioni di azoto in pre-semina/pre-trapianto nei seguenti casi:</p> <ul style="list-style-type: none"> -colture annuali a ciclo primaverile estivo, purché la distribuzione avvenga in tempi prossimi alla semina; -uso di concimi organo-minerali o organici qualora sussista la necessità di apportare fosforo o potassio in forme meglio utilizzabili dalle piante; in questi casi la somministrazione di N in presemina non può comunque essere superiore a 30 kg/ha; -colture a ciclo autunno vernino in ambienti dove non sussistono rischi di perdite per lisciviazione e comunque con apporti inferiori a 30 kg/ha; -Nelle colture di IV gamma non si deve effettuare nessuna applicazione azotata per due cicli dopo l'eventuale letamazione.
Orticole	<p>Obbligo di frazionamento della quota azotata per dosi totali superiori a 100 kg/ha/anno</p>

BOX 4 - PSR Campania

Operazione 4.1.03

- acquisto di impianti e attrezzature per la distribuzione sottosuperficiale dei liquami
- acquisto di nuovi macchinari, attrezzature ed impianti: contenitori di stoccaggio esterni ai ricoveri per effluenti liquidi/non palabili dotati di sistemi finalizzati al contenimento delle emissioni
- acquisto di contenitori di stoccaggio esterni ai ricoveri per effluenti palabili dotati di sistemi finalizzati al contenimento delle emissioni.
- Acquisto di impianti e attrezzature per la rimozione delle deiezioni dalla stalla e/o separatori solido/liquido;
- Impianti di depurazione biologica e strippaggio per il trattamento fisico-meccanico degli effluenti di allevamento tali quali o digestati, risultanti dal processo di fermentazione anaerobica, compresa la realizzazione di vasche di stoccaggio aggiuntive necessarie al processo; gli impianti di depurazione biologica e strippaggio devono essere collegati ad impianti per la produzione di biogas preesistenti.

BOX 5 PSR Friuli Venezia Giulia

Operazione: 10.1.1 – Gestione conservativa dei seminativi: alle aziende zootecniche viene riconosciuto un premio aggiuntivo per la distribuzione di liquami zootecnici tramite l'impiego di idonee attrezzature dotate di iniettori di liquame, nel rispetto dell'impegno di non invertire gli strati del terreno.

Box 6 -PSR Lombardia

Operazione 10.1.10 - Tecniche di distribuzione degli effluenti di allevamento.

Effettuare la distribuzione degli effluenti zootecnici aziendali non palabili, trattati (con processi di separazione, concentrazione, trattamento di digestione anaerobica) e non trattati, tramite l'uso di macchine che permettono l'iniezione diretta e dotate di strumentazione costituita da un sistema di posizionamento GPS con registrazione dei dati e da un software GIS che consenta la proiezione cartografica dei dati

Operazione 4.1.01 e Operazione 4.1.02 finanzia, tra l'altro, macchine operatrici semoventi per la distribuzione di effluenti di allevamento non palabili dotati di:

- un sistema di localizzazione GPS con precisione submetrica;
- un sistema di guida assistita/semi-automatizzata connessa al sistema GPS;
- un sistema di controllo delle operazioni svolte dalle attrezzature per la distribuzione (presenza di schermo (display) di controllo, compatibilità/connettività con sistemi VRT, programmi informatici (software) di gestione e registrazione delle operazioni svolte);
- attrezzature per la distribuzione dell'effluente d'allevamento, esclusivamente delle seguenti tipologie alternative:
 - attrezzature per lo spandimento rasoterra in banda degli effluenti di allevamento non palabili;
 - attrezzature per lo spandimento sotto-superficiale degli effluenti di allevamento non palabili;
 - attrezzature ad iniezione profonda per lo spandimento degli effluenti di allevamento non palabili.

BOX 6 – PSR Veneto

Investimenti

Operazione 4.1.1

Investimenti strutturali ed impianti per stoccaggio trattamento e gestione residui agricoli e dei reflui zootecnici (vasche per liquami, concimaie, copertura concimaie e/o vasche liquame, impianti separazione e trattamento liquame)

Acquisto di macchine ed attrezzature (attrezzature zootecniche per la gestione dell'allevamento e dei reflui, attrezzature per gestione e distribuzione fertilizzanti chimici, attrezzature per la gestione e distribuzione dei concimi organici, impianti automatici per l'alimentazione del bestiame)

Acquisto di macchine e attrezzature per la riduzione dell'impatto ambientale, il miglioramento del benessere animale e la conservazione del suolo (attrezzature per la distribuzione e l'interramento dei liquami zootecnici)

Pagamenti agro-climatico-ambientali miranti a ridurre le emissioni di GHG e di ammoniaca

Operazione 10.1.4 Mantenimento di prati, prati seminaturali, pascoli e prati-pascoli – Mantenimento di sistemi di seminativi e pascoli ad alto valore naturalistico (ad esempio tecniche di falciatura, lavoro manuale, lasciare le stoppie invernali sui seminativi)

Operazione 10.1.6 Tutela ed incremento degli habitat seminaturali – Mantenimento di sistemi di seminativi e pascoli ad alto valore naturalistico (ad esempio: tecniche di falciatura, lavoro manuale, lasciare le stoppie invernali sui seminativi)

Operazione 10.1.3 Gestione attiva di infrastrutture verdi – Creazione e mantenimento delle caratteristiche ecologiche (ad esempio margini dei campi, zone tampone, strisce fiorite, siepi, alberi)

Operazione 10.1.2 Ottimizzazione ambientale delle tecniche agronomiche ed irrigue – Riduzione del drenaggio, gestione zone umide

APPENDICE – Key source analysis

Analisi delle principali sorgenti emissive per categoria SNAP per gli scenari WM e WAM per le annualità 2020 e 2030.

Tabella A1 – Descrizione delle macro categorie SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution).

MACROSETTORE	DEFINIZIONE
01	Combustione nell'industria e impianti energetici
02	Impianti di combustione non industriale
03	Processi produttivi (combustione nell'industria manifatturiera)
04	Processi produttivi (combustione senza contatto)
05	Estrazione e distribuzione di combustibili fossili ed energia geotermica
06	Uso di solventi ed altri prodotti
07	Trasporti stradali
08	Altre sorgenti mobili e macchinari mobili (trasporti fuori strada)
09	Treatmento dei rifiuti e discariche
10	Agricoltura

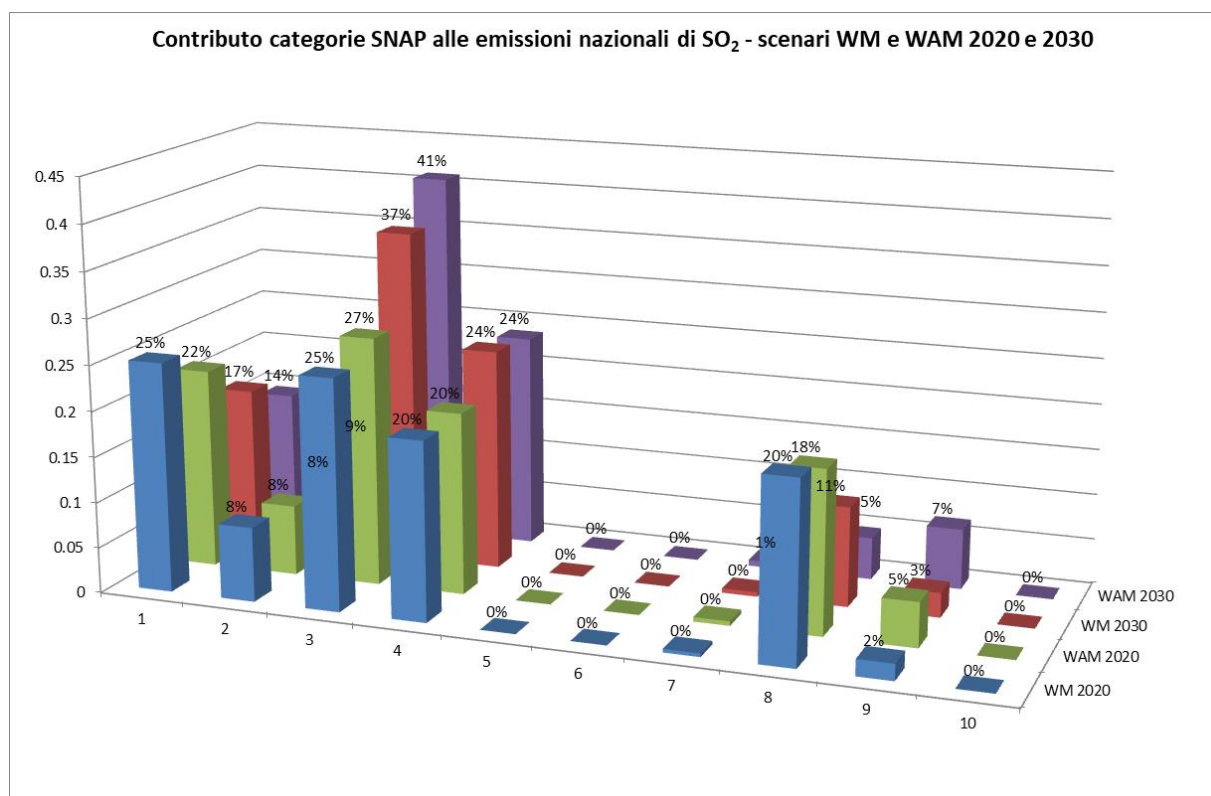


Figura A1 – Contributo (in %) delle macro categorie SNAP alle emissioni totali nazionali di SO₂ per gli scenari WM e WAM per gli anni 2020 e 2030.

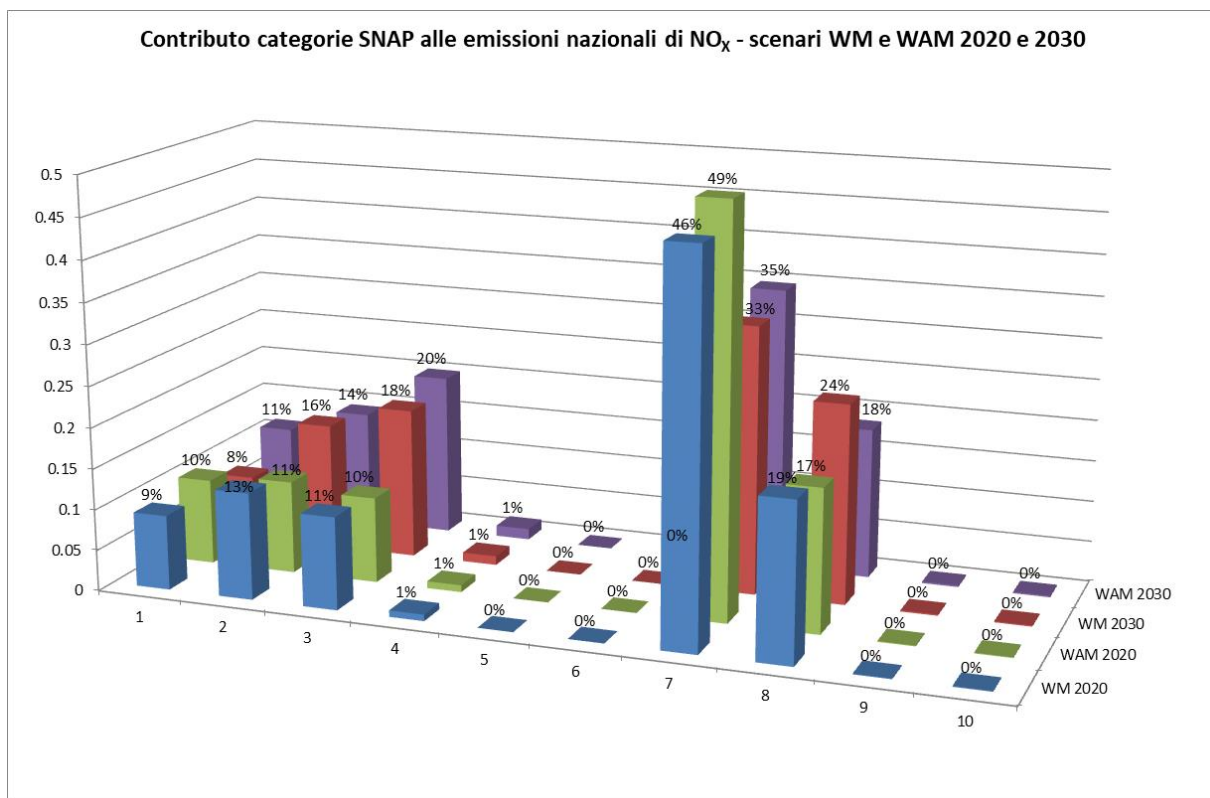


Figura A2 – Contributo (in %) delle macro categorie SNAP alle emissioni totali nazionali di NO_x per gli scenari WM e WAM per gli anni 2020 e 2030.

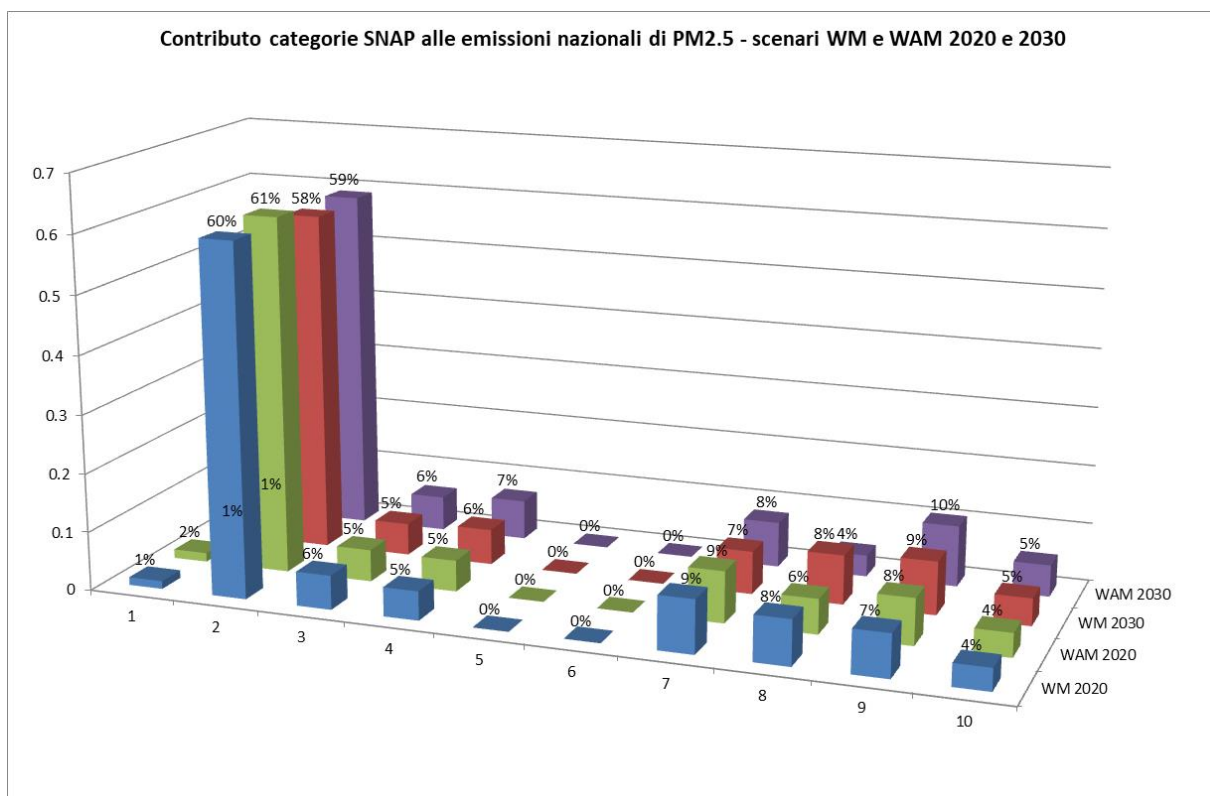


Figura A3 – Contributo (in %) delle macro categorie SNAP alle emissioni totali nazionali di PM_{2,5} per gli scenari WM e WAM per gli anni 2020 e 2030.

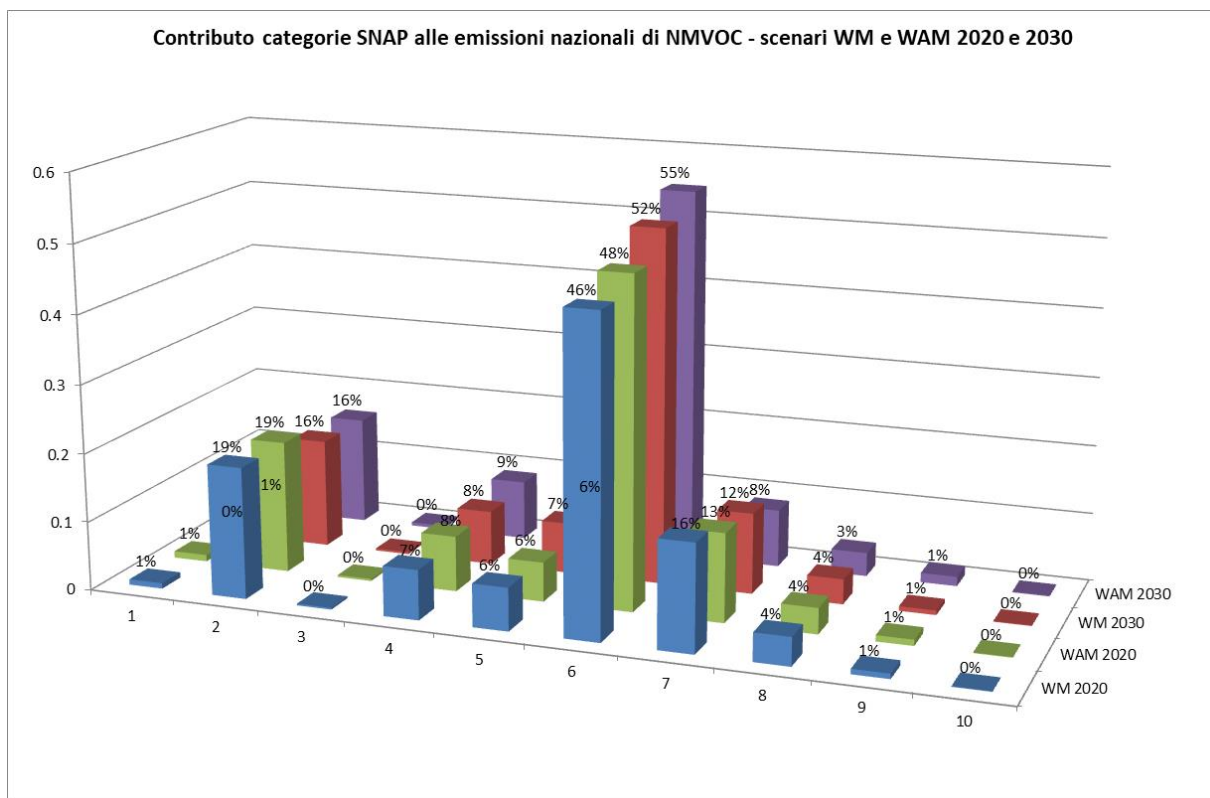


Figura A4 – Contributo (in %) delle macro categorie SNAP alle emissioni totali nazionali di COVNM per gli scenari WM e WAM per gli anni 2020 e 2030.

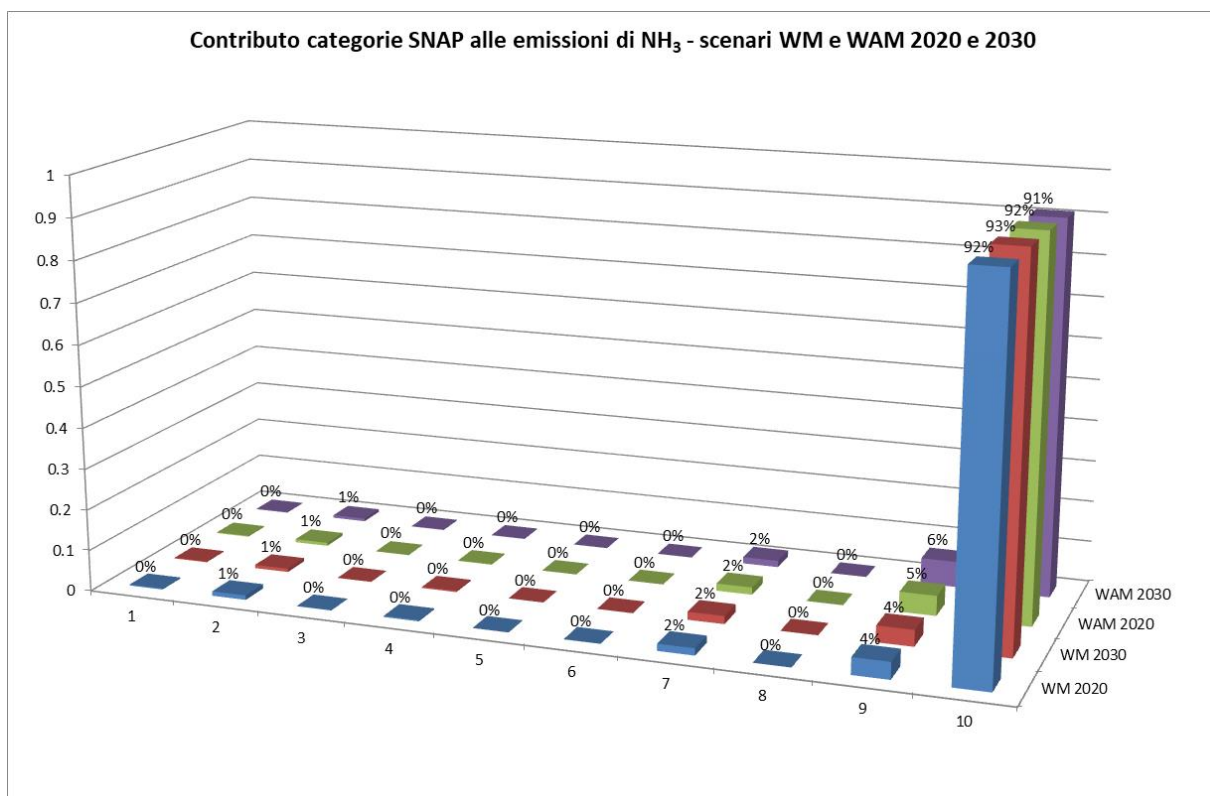


Figura A5 – Contributo (in %) delle macro categorie SNAP alle emissioni totali nazionali di NH₃ per gli scenari WM e WAM per gli anni 2020 e 2030.